260

# DE MEETINSTRUMENTEN

IN GEBRUIK BIJ

# DEN TOPOGRAPHISCHEN DIENST

IN NEDERLANDSCH-INDIË.

---

SAMENGESTELD BIJ

DE VII^DE AFDEELING VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG

(ONDERAFDEELING TOPOGRAPHISCHE DIENST).

BATAVIA
G. KOLFF & Co.
1893

LEMBAGA KEBUDAJAAN
INDONESIA

VI-165

300 hal

PERPUSTAKAAN NASIONAL R.I.
Tanggal : 30 - 06 - 2010
Nomor Induk : 846/PN - MUSEUM/10
BIB - ID : 8841060
ITEM - ID : 2121616
Asal : Museum Pusat

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

# DE MEETINSTRUMENTEN

## IN GEBRUIK BIJ DEN TOPOGRAPHISCHEN DIENST.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

VI-165

# DE MEETINSTRUMENTEN

IN GEBRUIK BIJ

## DEN TOPOGRAPHISCHEN DIENST

IN NEDERLANDSCH-INDIË.

---

SAMENGESTELD BIJ

DE VII^DE AFDEELING VAN HET DEPARTEMENT VAN OORLOG

(ONDERAFDEELING: TOPOGRAPHISCHE DIENST).

BATAVIA
G. KOLFF & Co.
1893

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI.
BAT. GENOOTSCHAP VAN K. EN W.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

# INHOUD.


Blz.

Inleiding . . . . . 1

HOOFDSTUK A.

Veelvuldig voorkomende instrumentdeelen.

I. Cirkelranden.

§ 1. Cirkelranden in 't algemeen . . . . . 3
§ 2. Horizontale cirkelranden . . . . . 3
§ 3. Verticale cirkelranden. . . . . 3
§ 4. Becijfering op den cirkelrand. . . . . 4

II. Vizierinrichtingen.

§ 5. Vizierinrichtingen in 't algemeen . . . . . 4
§ 6. Richtopeningen. . . . . 4
§ 7. Viziervlak en vizierlijn . . . . . 4
§ 8. Eischen der vizieren . . . . . 5
§ 9. Nadeelen der vizieren. . . . . 5
§ 10. Vizieren op kijkers. . . . . 5

III. Het niveau of de libel.

§ 11. Doel en samenstelling. . . . . 6
§ 12. Onderscheiding in buis en dooslibellen . . . . . 6
§ 13. De buislibel. . . . . 6
§ 14. De richtlijn. . . . . 7
§ 15. Doel van het buisniveau . . . . . 7
§ 16. Wijze van bevestiging. . . . . 7
§ 17. Gebruik der correctieschroeven . . . . . 8
§ 18. Algemeene eischen. . . . . 9


PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 19. Onderzoek en regeling van een buisniveau tot het horizontaal stellen van een vlak . . . . . 9
§ 20. Onderzoek en regeling van een buisniveau tot het horizontaal stellen van een omwentelingsas (los niveau of ruiterniveau) . . . . . 10
§ 21. Onderzoek en regeling van een buisniveau tot het verticaal stellen van een as . . . . . 12
§ 22. Het horizontaal stellen van een vlak door middel van een buisniveau. . . . . 12
§ 23. Het horizontaal stellen van een omwentelingsas door middel van een buisniveau . . . . . 13
§ 24. Het verticaal stellen van een as door middel van een buisniveau . . . . . 13
§ 25. De dooslibel. . . . . 13
§ 26. Het richtvlak . . . . . 14
§ 27. Doel van de dooslibel in 't algemeen. . . . . 14
§ 28. Het horizontaal stellen van een vlak door middel van een dooslibel; onderzoek en regeling . . . . 14
§ 29. Het verticaal stellen van een as door middel van een dooslibel; onderzoek en regeling. . . . . 15

IV. De nonius.

§ 30. Doel. . . . . 15
§ 31. Inrichting . . . . . 16
§ 32. Onderscheiding in terugloopende en gelijkloopende noniën . . . . . 16
§ 33. De terugloopende nonius . . . . . 17
§ 34. De gelijkloopende nonius . . . . . 18
§ 35. Gebruik van den rechtlijnigen nonius . . . . . 20
§ 36. Gebruik van den cirkelvormigen nonius. . . . . 22
§ 37. De nonius als middel tot het keuren van verdeelde staven of randen; onderzoek van den nonius zelve . . 23

V. De inrichting voor vastklemmen en fijne beweging.

§ 38. Doel . . . . . 24
§ 39. Inrichting voor vastklemmen en fijne beweging bij de oudere instrumenten . . . . . 25

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 40. Inrichting voor vastklemmen en fijne beweging bij de nieuwere instrumenten. . . . . 28
§ 41. Keuring van de micrometerschroef . . . . . 29

IV. Het statief.

§ 42. Doel. . . . . 29
§ 43. Samenstelling . . . . . 30

## HOOFDSTUK B.

## De vergrootingswerktuigen.

### I. Straalbreking.

§ 44. Het licht. . . . . 34
§ 45. Straalbreking . . . . . 34
§ 46. Hoeken van inval en van breking. . . . . 34
§ 47. De brekingscoëfficient en de wet van Snellius of van Descartes . . . . . 35
§ 48. Gevolgen van de wet van Snellius . . . . . 35
§ 49. Opslorping van licht . . . . . 36
§ 50. Breking van licht door een klein gedeelte van een hol- of bolvormig oppervlak . . . . . 36
§ 51. Vorming van beelden door een klein gedeelte van een hol of bol oppervlak (werkelijke en schijnbeelden). . . . . 37
§ 52. Het brandpunt en de brandpuntsafstand bij kleine gedeelten van holle of bolle oppervlakken. . . . 38
§ 53. Afstanden waarop de beelden gevormd worden. . . 38
§ 54. Breking van licht door eene, door evenwijdige vlakken begrensde, doorzichtige middenstof . . . . . 39

### II. Lenzen.

§ 55. Lenzen . . . . . 40
§ 56. Geometrische middelpunten . . . . . 40
§ 57. Het optisch middelpunt en de optische as eener lens. . 40
§ 58. Onderscheiding in verzamelende en verspreidende lenzen. 40

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 59. Breking van lichtstralen uitgaande van punten in de optische as gelegen. . . . . 41
§ 60. Het brandpunt en de brandpuntsafstand van lenzen. . 42
§ 61. Breking van lichtstralen uitgaande van punten buiten de optische as gelegen (neven- of bijassen, hoofdstralen) . . . . . 43
§ 62. Bepaling van den brandpuntsafstand eener lens langs proefondervindelijken weg. . . . . 43
§ 63. Vorming van beelden door verzamelende lenzen . . 43
§ 64. Vorming van beelden door verspreidende lenzen . . 46
§ 65. Afdwaling wegens bolvormigheid of spherische aberratie . . . . . 47
§ 66. Middelen om de spherische aberratie zooveel mogelijk op te heffen. . . . . 47
§ 67. Kleurschifting door straalbreking. . . . . 47
§ 68. Het achromatische prisma. . . . . 48
§ 69. Afdwaling wegens kleurschifting of chromatische aberratie. . . . . 48
§ 70. Middelen om de chromatische aberratie zooveel mogelijk op te heffen. . . . . 49
§ 71. Aplanatische lenzenstelsels. . . . . 49

### III. Het menschelijk oog.

§ 72. Samenstelling. . . . . 50
§ 73. Accomodatievermogen van het oog . . . . . 50
§ 74. Afstand van duidelijk zien . . . . . 50
§ 75. Verziendheid, bijziendheid. . . . . 51
§ 76. De gezichtshoek. . . . . 51

### IV. De microscopen.

§ 77. Doel der vergrootingswerktuigen in 't algemeen. . . 51
§ 78. Doel der microscopen . . . . . 51
§ 79. Het gewone vergrootglas . . . . . 51
§ 80. De loupe. . . . . 53
§ 81. Het dubbel vergrootglas of de doublet . . . . . 53
§ 82. Onderscheid tusschen enkelvoudige en samengestelde microscopen . . . . . 53

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

V. De kijkers.

§ 83. Doel . . . . . 54
§ 84. De vergrooting . . . . . 54
§ 85. Vermeerdering van helderheid . . . . . 55
§ 86. Het gezichtsveld . . . . . 56
§ 87. Onderscheiding der kijkers in dioptrische en katadioptrische . . . . . 56
§ 88. Onderscheiding van dioptrische kijkers in hemelsche (astronomische) en aardsche (terrestrische) . . . . 56
§ 89. De astronomische kijker . . . . . 57
§ 90. Samengestelde oculairen . . . . . 60
§ 91. Het oculair van Huijgens of Campani . . . . . 61
§ 92. Het oculair van Ramsden . . . . . 62
§ 93. De aardsche of terrestrische kijker . . . . . 64
§ 94. De kijker van Galilei of Hollandsche kijker . . . 66
§ 95. Jumelles en binocles . . . . . 66
§ 96. De astronomische kijker als vizierinrichting . . . 67
§ 97. Het richten met den kijker . . . . . 68
§ 98. De diaphragmen en hunne plaatsing . . . . . 69
§ 99. Proefondervindelijke bepaling van de vergrooting van den kijker . . . . . 69
§ 100. Bepaling van het gezichtsveld van den kijker . . . 70
§ 101. Beoordeeling der helderheid van den kijker. . . . 70
§ 102. Onderzoek naar de afwijking wegens bolvormigheid en naar de kleurschifting bij den kijker . . . . . 70
§ 103. Het centreeren van den kijker . . . . . 70

## HOOFDSTUK C.

## Hulpmiddelen tot het aanduiden der waar te nemen punten.

I. De baken.

§104. Algemeen doel . . . . . 73
§105. Inrichting . . . . . 73
§106. Gebruik . . . . . 74

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

II. De signalen.

§ 107. Inrichting voor gebruik op korte afstanden. . . . 74
§ 108. Inrichting voor gebruik op groote afstanden . . . 76

III. De heliotropen of zonnewenders.

§ 109. Doel der heliotropen . . . . . 77
§ 110. Algemeene inrichting. . . . . 78
§ 111. Inrichting van den enkelvoudigen heliotroop bij den topographischen dienst in Nederlandsch-Indië in gebruik. 78
§ 112. Gebruik . . . . . 79
§ 113. De dubbele heliotroop . . . . . 81

HOOFDSTUK D.

De hoekmeetinstrumenten.

Inleiding.

§ 114. Algemeen doel der hoekmeetinstrumenten . . . . 83
§ 115. Onderscheiding van daarmede te meten hoeken in: hoeken in hun eigen vlak, horizontale hoeken, verticale of hellingshoeken en azimuts. . . . . 83
§ 116. Uitzetten van hoeken op het terrein . . . . . 85
§ 117. Keuren, regelen en opstellen der instrumenten . . 85

I. Het prisma van Bauernfeind.

§ 118. Inrichting . . . . . 86
§ 119. Doel en grondslagen waarop het instrument berust . 87
§ 120. Keuring. . . . . 89
§ 121. Gebruik . . . . . 89

II. De pantometer.

§ 122. Inrichting . . . . . 90
§ 123. Keuring . . . . . 91
§ 124. Gebruik . . . . . 91

III. Het planchet.

§ 125. Samenstellende hoofddeelen en bijbehoorende instrumenten. . . . . 93

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 126. Doel . . . . . 93
§ 127. Onderdeelen van het eigenlijke planchet . . . . 93
§ 128. De meettafel . . . . . 93
§ 129. Het metalen onderstel . . . . . 94
§ 130. Het statief. . . . . 95
§ 131. De vizierliniaal [kippregel] . . . . . 95
§ 132. Het schietlood. . . . . 97
§ 133. Regeling en opstelling van het planchet . . . . 98
§ 134. Keuring . . . . . 110
§ 135. Gebruik . . . . . 111

IV. De theodoliet.

§ 136. Doel en afleiding van den naam . . . . . 112
§ 137. Grondvorm van den theodoliet. . . . . 113
§ 138. Opstelling . . . . . 114
§ 139. Voorwaarden waaraan de theodoliet moet voldoen. . 114
§ 140. Het elimineeren van fouten door het meten met doorgeslagen kijker [compensatietheodolieten] . . . . 116

*a. De theodoliet van Pistor en Martins.*

§ 141. Inrichting . . . . . 117
§ 142. Regeling en opstelling . . . . . 121
§ 143. Keuring . . . . . 130
§ 144. Gebruik . . . . . 132

*b. De thedodoliet van Breithaupt.*

§ 145. Inrichting . . . . . 133
§ 146. Regeling, opstelling, keuring en gebruik. . . . . 137

*c. De repetitietheodoliet van Hildebrand en Schramm.*

§ 147. Doel . . . . . 137
§ 148. Inrichting . . . . . 138
§ 149. Regeling en opstelling . . . . . 143
§ 150. Keuring . . . . . 144
§ 151. Gebruik . . . . . 145
§ 152. Het meten van hoeken door reïteratie . . . . 146

V. De boussole.

§ 153. De aardmagneetkracht . . . . . 147

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 154. De magnetische meridiaan en de declinatie en inclinatie der magneetnaald . . . . . 147
§ 155. Verschil in grootte en in richting van de declinatie en van de inclinatie der magneetnaald naar gelang van de plaats van opstelling op de aarde. . . . 148
§ 156. De seculaire veranderingen in de declinatie van de magneetnaald . . . . . 150
§ 157. De dagelijksche veranderingen in de declinatie van de magneetnaald . . . . . 151
§ 158. De onregelmatige veranderingen in de declinatie van de magneetnaald . . . . . 152
§ 159. De inrichting der boussoleinstrumenten in het algemeen . . . . . 152

*a. De zakboussole.*

§ 160. Inrichting . . . . . 153
§ 161. Keuring . . . . . 154
§ 162. Gebruik . . . . . 154

*b. De Smalkalder-patent boussole.*

§ 163. Inrichting . . . . . 155
§ 164. Keuring . . . . . 157
§ 165. Gebruik . . . . . 157

*c. De statiefboussole.*

§ 166. Inrichting . . . . . 158
§ 167. Regeling en opstelling . . . . . 161
§ 168. Keuring . . . . . 162
§ 169. Gebruik . . . . . 174

*d. De boussole tranchemontagne.*

§ 170. Inrichting . . . . . 178
§ 171. Regeling en opstelling . . . . . 182
§ 172. Keuring . . . . . 184
§ 173. Gebruik . . . . . 184

*e. De theodolietboussole van Lingke.*

§ 174. Inrichting . . . . . 184
§ 175. Regeling en opstelling . . . . . 188

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 176. Keuring . . . . . 188
§ 177. Gebruik . . . . . 189

VI. De sextant.

§ 178. Beginsel . . . . . 190
§ 179. Doel . . . . . 191
§ 180. Inrichting . . . . . 192
§ 181. Gebruik . . . . . 195
§ 182. Bepaling van de indexfout. . . . . 196
§ 183. Bepaling van de spiegelparallax . . . . . 197
§ 184. Waarnemingsmethode tot het buiten rekening brengen van de indexfout en de spiegelparallax . . . 198
§ 185. Herleiding van een gemeten hoek tot den horizon. 199
§ 186. Eischen van regeling . . . . . 203
§ 187. Regeling van den grooten spiegel. . . . . 203
§ 188. Regeling van den kleinen spiegel. . . . . 204
§ 189. Regeling van den kijker . . . . . 204
§ 190. Onderzoek van den verdeelden rand . . . . . 205

HOOFDSTUK E.

Instrumenten tot het meten van afstanden.

§ 191. Het meten van afstanden in het algemeen . . . 207

*a. De meetketting.*

§ 192. Inrichting . . . . . 208
§ 193. Gebruik. . . . . 208

*b. De meetveer.*

§ 194. Inrichting en gebruik . . . . . 210

*c. De afstandmeter.*

§ 195. Algemeen beginsel . . . . . 210
§ 196. Inrichting van den afstandmeter bij den topographischen dienst in Nederlandsch-Indië in gebruik . . 211
§ 197. Regeling. . . . . 212
§ 198. Gebruik . . . . . 213

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

## HOOFDSTUK F.

## Instrumenten tot het meten van hoogten.

### I. Het meten van hoogten door waterpassen.

§ 199. Waterpassen . . . . . 217

*a. Waterpasbaken.*

§ 200. Inrichting . . . . . 217

*b. Waterpasinstrumenten.*

§ 201. Inrichting in het algemeen . . . . . 219
§ 202. Inrichting van een eenvoudig waterpasinstrument . 220
§ 203. Regeling . . . . . 220
§ 204. Inrichting van een nauwkeurig waterpasinstrument (van Kern in Arau) . . . . . 222
§ 205. Regeling . . . . . 223
§ 206. Inrichting van het waterpasinstrument van Becker en Buddingh . . . . . 226
§ 207. Regeling . . . . . 229
§ 208. Inrichting van het waterpasinstrument van Troughton en Sims . . . . . 232
§ 209. Regeling . . . . . 236
§ 210. Gebruik der waterpasinstrumenten . . . . . 236

### II. Het meten van hoogten door barometers.

§ 211. Doel van den barometer . . . . . 239
§ 212. Aanvankelijke inrichting . . . . . 239
§ 213. Onderscheiding in kwik- en metaalbarometers . . 240

*a. De kwikbarometers.*

§ 214. Onderscheiding der kwikbarometers in bak- en hevelbarometers . . . . . 240
§ 215. De bakbarometer van Fortin . . . . . 241
§ 216. De bakbarometer van Olland . . . . . 243
§ 217. De reisbarometer van Fuess . . . . . 245

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 218. De hevelbarometer van Gay Lussac. . . . . 247
§ 219. Eischen waaraan kwikbarometers moeten voldoen. . 249
§ 220. Capillaire nederdrukking of depressie. . . . . 250
§ 221. Invloed der depressie op de waarnemingen . . . 250
§ 222. Andere invloeden waarmede bij de waarnemingen rekening gehouden moet worden . . . . . 251
§ 223. Regelmatige en onregelmatige veranderingen in den dampkringsdruk . . . . . 254
§ 224. Invloed van den dampkringsdruk naar gelang der hoogte van het punt van waarneming boven het gemiddeld aardoppervlak . . . . . 255

*b. De metaalbarometers.*

§ 225. Inrichting . . . . . 260
§ 226. De metaalbarometer (Baromètre holostèrique) van Naudet. . . . . 261
§ 227. Gebruik en onderzoek . . . . . 263

III. Het meten van hoogten door instrumenten waarmede verticale hoeken kunnen gemeten worden.

*a. Instrumenten waarmede verticale hoeken gemeten kunnen worden.*

1e. Het patentniveau.

§ 228. Inrichting . . . . . 267
§ 229. Gebruik en onderzoek . . . . . 267

2e. Hoekmeetinstrumenten voorzien van verticaalcirkels en de sextant.

§ 230. Inrichting, gebruik en onderzoek . . . . . 268

*b. Het berekenen der hoogten.*

§ 231. Wijze van berekening . . . . . 269

*c. Hulpmiddelen bij de berekening der hoogte.*

De Rekenliniaal.

§ 232. Doel . . . . . 270
§ 233. Beginsel waarop het instrument berust. . . . . 270

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Blz.

§ 234. Inrichting der rekenliniaal van Dennert en Pape in Altona . . . . . 274

§ 235. Gebruik . . . . . 275

Geraadpleegde bronnen . . . . . 279

Verbeteringen en bijvoegingen . . . . . 280

PERPUSTAKAAN-NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

# INLEIDING.

De werktuigen, welke men bezigt tot het verrichten van metingen, ten doel hebbende het verkrijgen van de noodige gegevens voor de samenstelling van topographische kaarten, noemt men in het algemeen *meetinstrumenten*.

De betrouwbaarheid dier gegevens hangt grootendeels af van de juiste samenstelling en inrichting van die instrumenten en van de kennis en de bekwaamheid, waarmede zij behandeld worden.

Eene volledige en grondige kennis der instrumenten is derhalve een hoofdvereischte. Men moet weten hoe ze ingericht zijn, aan welke eischen hunne inrichting moet beantwoorden, hoe ze opgesteld, onderzocht en geregeld worden, en welke hulpmiddelen men daartoe moet aanwenden. Een en ander zal dan ook achtereenvolgens vermeld worden.

Bijna alle instrumenten hebben één of meer overeenkomende bestanddeelen; deze zullen, ten einde bij de beschrijving der verschillende instrumenten niet noodeloos in herhalingen te vervallen, vooraf afzonderlijk behandeld worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

# HOOFDSTUK A.

## VEELVULDIG VOORKOMENDE INSTRUMENT-DEELEN.

### I. Cirkelranden.

§ 1. Alle hoekmeetinstrumenten hebben minstens één in graden en onderdeelen daarvan verdeelden *cirkelrand*, om den gemeten hoek te kunnen aflezen.

De deelstrepen zijn onmiddellijk op den rand of op een ingelegden zilveren reep — ook *limbus* genaamd — aangebracht.

De meest gebruikelijke wijze van verdeeling is de *sexagesimale*, waarbij de cirkelomtrek 360 graden, de graad 60 minuten en de minuut 60 secunden bevat.

Slechts bij enkele instrumenten treft men eene *centesimale* verdeeling aan; de rand is dan verdeeld in 400 graden, de graad in 100 minuten en de minuut in 100 secunden.

Van de instrumenten, welke in dit werk behandeld worden, is de verdeeling van den rand sexagesimaal en is de onderverdeeling uiterlijk tot in zesde deelen van graden voortgezet.

§ 2. Bij *horizontale cirkelranden*, d. z. cirkelranden, die tot het meten van horizontale hoeken dienen, loopt de verdeeling meestal in de richting, waarin zich de wijzers van een uurwerk bewegen, van 0° tot 360° door. Bij sommige boussoles echter gaat de verdeeling van het nulpunt uit in twee richtingen tot 180°.

§ 3. Cirkelranden, die tot het meten van verticale hoeken dienen, *verticale cirkelranden*, zijn, van twee diametraal tegenover elkander liggende punten uitgaande, in twee richtingen van 0° tot 90° verdeeld.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bij enkele instrumenten loopt de verdeeling van het nulpunt uit in beide richtingen tot 180°, of ook wel in de richting tegengesteld aan die, waarin zich de wijzers van een uurwerk bewegen, van 0° tot 360° door.

§ 4. Zoowel bij horizontale als bij verticale cirkelranden zijn de graden van het nulpunt uit slechts om de 5 of 10 door een getal aangeduid; ter vergemakkelijking der aflezingen zijn echter in den regel de tientallen, de vijftallen, de eenheden, en de onderdeelen van graden door verdeelstrepen van verschillende lengten van elkander onderscheiden.

## II. Vizierinrichtingen.

§ 5. De *vizierinrichtingen* dienen tot het bepalen der richting, waarin eenig punt ten opzichte van den waarnemer gelegen is.

De eenvoudigste vizierinrichtingen (vizieren of diopters) bestaan gewoonlijk uit twee plaatjes, rechtstandig bevestigd op een liniaal. Een dier plaatjes bevat dan een of meer richtgaatjes of een smalle, scherpkantige richtspleet, het andere een strakgespannen draad of twee elkaar kruisende draden in een raampje gevat, of ook wel zijn, zoowel het raampje met draden, als de richtgaatjes of -spleet op beide plaatjes aanwezig (fig. 1).

§ 6. De richtopeningen dienen om langs den tegenoverstaanden draad of langs het kruispunt der draden te zien naar het punt, waarvan men de richting wil bepalen. Zij dragen daarom den naam van *oog-* of *oculairopeningen*, terwijl het raampje, waarin zich de richtdraad bevindt, *voorwerp-* of *objectiefopening* wordt genoemd.

§ 7. Heeft men slechts één richtdraad in de objectiefopening, dan vormt het midden der oogopening met dien draad een *viziervlak*, dat op het punt gericht heet te zijn, zoodra dit punt voor het oog van den waarnemer, dat achter de oogopening geplaatst is, met den draad samenvalt.

Is de objectiefopening van twee elkaar kruisende draden voorzien, staande tegenover een kleine ronde oogopening, dan spreekt men van *vizierlijn*, d. i. de lijn, welke door het midden

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

der oogopening en het kruispunt der draden gaat, en dan zegt men op een punt gericht te zijn, wanneer voor het oog van den waarnemer, achter de oogopening geplaatst, het kruispunt der draden met dat punt samenvalt.

§ 8. Om de draden goed te kunnen zien, moeten zij niet al te dicht bij de oogopening geplaatst worden; wel is waar komt de geringe grootte van de oogopening het accomodatievermogen (§ 73) van het oog eenigszins te hulp, zoodat het niet noodig is de draden op den *afstand van duidelijk zien* te plaatsen, (§ 74) maar toch blijft het wenschelijk den afstand niet al te klein te nemen.

De oogopening moet zeer klein zijn, daar er anders eene hinderlijke *parallax* (§ 89) kan optreden; een opzettelijk onderzoek daaromtrent heeft geleerd, dat, als de grootte der opening eene zekere grens niet te boven gaat, er geen parallax te vreezen is, doordat men onwillekeurig het oog midden voor de opening plaatst, omdat men dan het duidelijkst ziet. Eene opening van 0.7 tot 0.9 m. M. bleek het doelmatigst te zijn.

Ook is door proeven gebleken, dat men door ronde oogopeningen scherper kan richten dan door spleetvormige.

§ 9. In 't algemeen worden de vizieren of diopters slechts dan gebezigd, wanneer geen groote nauwkeurigheid verlangd wordt.

Door de ongelijkheid der afstanden van het voorwerp waarop gericht wordt, en van den richtdraad tot het oog van den waarnemer, kunnen beide beelden niet op het netvlies samenvallen. Een der beide beelden kan daardoor niet duidelijk waargenomen worden; het accomodatievermogen van het oog komt hieraan wel eenigszins te gemoet, doch nauwkeurige waarnemingen zijn toch met een vizier of diopter niet mogelijk.

Een tweede nadeel der vizieren is, dat zij op groote afstanden, vooral voor personen, die geen scherp gezichtsvermogen bezitten, onbruikbaar worden, daar de kleine oogopening de helderheid van het voorwerp belangrijk vermindert.

§ 10. Men bezigt dan ook bij waarnemingen op groote afstanden *kijkers als vizierinrichting*.

Ten einde daarmede al dadelijk de richting ten naasten bij te kunnen aangeven en het nauwkeurig instellen van den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

kijker, dat daarna plaats heeft, te vergemakkelijken, wordt op zulke kijkers veelal een vizier aangebracht, dat slechts ééne oogopening en daartegenover ééne voorwerpopening bevat; in deze laatste is dan een stel kruisdraden aangebracht.

De vizierlijn van de diopter moet zooveel mogelijk evenwijdig zijn met de vizierlijn van den kijker, waarover later.

## III. Het niveau of de libel.

§ 11. Moet men de horizontale of verticale richting nauwkeurig aangeven, dan maakt men gebruik van een *niveau* of *libel*.

De libellen zijn van glas, luchtdicht gesloten, in geelkoper gevat, en nagenoeg geheel met vloeistof gevuld. Men bezigt voor die vloeistof gewoonlijk verwarmde aether of alcohol, en laat, na het niveau door toesmelting of op andere wijze luchtdicht gesloten te hebben, de daarin aanwezige vloeistof langzaam bekoelen. Naarmate de aanvankelijk uitgezette vloeistof, bij bekoeling in omvang afneemt, vult zich de daardoor in de buis ontstane ruimte met den damp dier vloeistof, en wordt er een *bel* gevormd, die lichter zijnde dan de vloeistof, steeds het hoogste punt der buis zal innemen.

Ten einde bij het gebruik van libellen te voorkomen dat zij door hitte springen, is het noodig ze zooveel mogelijk aan de rechtstreeksche inwerking der zonnestralen te onttrekken.

§ 12. De libellen worden onderscheiden in *buis-* en *dooslibellen*, naar gelang van den vorm.

Voor nauwkeurige waarnemingen verdienen buislibellen de voorkeur boven dooslibellen.

§ 13. De *buislibel* (fig. 2) bestaat uit een langwerpigcylindervormige glazen buis, aan de bovenzijde inwendig volgens de lengte flauw cirkelvormig uitgeslepen. De glazen buis is in een koperen huls gevat, die door eene opening alleen het bovenvlak te zien geeft. Dit zichtbare gedeelte is van het midden uit, in gelijke deelen, gewoonlijk van een Rijnlandsche lijn grootte, verdeeld.

Komt het midden der bel overeen met het midden der verdeeling, hetgeen men waarneemt door met behulp der

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

deelstrepen na te gaan, of de uiteinden der bel even ver van het midden der verdeeling afstaan, dan zegt men, dat het niveau *inspeelt*.

§ 14. De raaklijn aan de cirkelvormige lengtedoorsnede der buis, ter plaatse van het midden der verdeeling, heet *richtlijn*.

Speelt het niveau in, dan zal, omdat het verdeelde gedeelte der buis cirkelvormig uitgeslepen is en de luchtbel altijd het hoogste punt inneemt, de richtlijn horizontaal zijn. Immers, de lijn die het middelpunt van den cirkel, volgens welke het niveau uitgeslepen is, verbindt met het *midden van de bel*, wijst altijd, waar de bel zich ook bevinde, naar het zenith, omdat de bel steeds het hoogste punt inneemt; die lijn is derhalve verticaal.

Speelt de bel in, m. a. w. valt het midden der bel samen met het midden der verdeeling, dan zal de lijn die het middelpunt van den cirkel, volgens welke het niveau uitgeslepen is, verbindt met het *midden der verdeeling* met de eerste lijn samenvallen, en dus ook verticaal zijn.

De raaklijn aan de cirkelvormige lengtedoorsnede der buis, ter plaatse van het midden der verdeeling, d. i. de richtlijn, zal dientengevolge horizontaal zijn.

§ 15. Men kan derhalve met de buislibel eene horizontale lijn bepalen; door middel van deze lijn en de hulpmiddelen, welke de onderlaag of het instrument, waaraan het niveau verbonden is, daartoe aanbiedt, is het mogelijk ook andere lijnen in den horizontalen of verticalen stand te brengen.

Het niveau wordt dan ook voornamelijk gebruikt tot het horizontaal stellen van een vlak of van eene cylindervormige omwentelingsas, en tot het verticaal stellen van eene draaiingsas; tot elk dier doeleinden moet het niveau aan bepaalde eischen voldoen en op bijzondere wijze geregeld worden.

§ 16. De buis met zijn omhulsel is steeds op de eene of andere wijze aan een instrument verbonden, hetzij aan een koperen onderlaag, bijvoorbeeld aan twee voeten, dan wel aan een liniaal bevestigd.

Is de bevestiging onveranderlijk (fig. 2), dan moet zij zóó hebben plaats gehad, dat de onderzijde van de onderlaag evenwijdig is aan de richtlijn van de libel.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Men heeft echter meestal eene inrichting, waarbij aan de geheele buis, door middel van correctieschroeven, ten opzichte van hare onderlaag een gewijzigden stand kan gegeven worden, en waarmede de richtlijn, vóór het gebruik der libel, evenwijdig met de onderzijde van de onderlaag gebracht kan worden.

§ 17. Fig. 3 en 4 zijn afbeeldingen van dergelijke, ten opzichte van hunne onderlagen verplaatsbare, libellen.

In fig. 3 is de nok A aan het eene einde van het koperen omhulsel der libel tusschen twee opstaande vleugels B en B′ der onderlaag gevat, en de geheele buis om eene door die vleugels en den nok gebrachte horizontale pin C C′, welke als een scharnieras werkt, beweegbaar.

De nok D aan het andere einde der libel kan door middel eener, door eene koperen spiraal F gaande, schroef E, welke in de onderlaag hare moer heeft, ten opzichte dier onderlaag naar boven of naar beneden gedrukt worden.

In fig. 4 zijn aan de einden der libel aan weerszijden twee rechthoekig omgebogen platte stukken A en A′ aangebracht. De nokken dier rechthoekig omgebogen deelen zijn beide door drie schroefjes doorboord. Van deze hebben de uiterste B, B′, C en C′ hunne moeren in de onderlaag, terwijl zij met speling door de beide nokken gaan. De middelste D en D′ echter, drukken met hun stomp uiteinde op de onderlaag en werken in moeren, die in de nokken zijn gesneden.

Door de trekschroeven B, B′, C en C′, welke van breede koppen voorzien zijn, kan, in verband met de werking door de drukschroeven D en D′ op de nokken uitgeoefend, de stand van de richtlijn van het niveau ten opzichte der onderlaag gewijzigd en verzekerd worden.

Wil men b. v. de richtlijn aan de zijde A′ (fig. 4) van het niveau opheffen, dan draaie men aan de zijde A schroef D een weinig los, waardoor bij de schroeven B en B′ speling verkregen wordt. Vervolgens make men de schroeven C en C′ beide evenveel los, zoover als noodig is. Daarna draaie men de drukschroef aan, ten einde het niveau den gewenschten stand te geven.

Ten slotte draaie men de schroeven B, B′, C en C′ zooveel aan als noodig is, om den stand van het niveau te verzekeren.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De horizontale arm bij A is door deze handelwijze ongeveer op hare plaats gebleven, terwijl die bij A′ en daarmede ook de richtlijn aan die zijde zooveel als noodig was, opgeheven werd.

Zelden zal het gelukken de richtlijn dadelijk den gewenschten stand te geven; veelal zal het noodig zijn de bewerking te herhalen.

§ 18. Om na te gaan of een buisniveau voor het gebruik geschikt is, dient men den stand van de richtlijn ten opzichte van dien harer onderlaag te onderzoeken, en heeft men bij dat onderzoek rekening te houden met de wijze, waarop het niveau aan de onderlaag bevestigd is, en waaruit die onderlaag bestaat.

§ 19. Dient het niveau *tot het horizontaal stellen van een vlak* en is het daartoe aan een plaat verbonden, zooals b. v. in fig. 3 of 4, dan moet de richtlijn evenwijdig zijn aan de onderzijde van de plaat, en kan men met behulp van eene inrichting, in fig. 5 aangegeven en *niveaubeproever* geheeten, onderzoeken of aan deze voorwaarde voldaan wordt. Daartoe wordt het niveau op dit toestel geplaatst en de bel met behulp van de stelschroeven S′ en S″ samen, dan wel met de stelschroef S alleen tot inspelen gebracht. De richtlijn is dan horizontaal. Loopt dus de richtlijn evenwijdig met de onderzijde van de plaat, dan zal ook deze en met deze tevens het bovenvlak van den niveaubeproever horizontaal zijn. Neemt men vervolgens het niveau op en draait men het 180° om, zoodat het eene einde na die omdraaiing komt, waar het andere was, en plaatst men het weer op den beproever, dan zal, indien aan den eisch voldaan is, de bel weer inspelen.

Speelt echter de bel nu niet meer in, dan mag men daaruit besluiten, dat het niveau niet aan den eisch voldoet, m. a. w. dat de richtlijn niet evenwijdig is aan de onderzijde van de plaat, en komt de uitwijking van de bel overeen met het dubbel van de fout in het niveau.

Immers zij AB (fig. 6) de horizontale stand van de richtlijn der libel, en laten AC en BD de afstanden voorstellen van de uiteinden dier richtlijn tot de onderzijde van de plaat EF, zoodat AB en EF onderling een hoek AFE = $\varphi$ maken, dan zal, wanneer men de libel 180° omdraait, A in A′ en B in B′ komen, zoodat AC = A′D en BD = B′C is, terwijl de hoek

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

A′GB=AGB′, het verschil in richting voorstelt tusschen de standen der richtlijn vóór en ná de omdraaiing van het niveau.

Trekt men door het punt G de hulplijn A″B″ evenwijdig met EF, dan zullen de hoeken BGB″ en A′GB″ ieder gelijk aan $\gamma$ en dus de hoek A′GB gelijk 2 $\gamma$ zijn.

De richtlijn, welke eerst horizontaal was, zal derhalve na de omdraaiing een hoek 2 $\gamma$ met haren eersten stand maken.

De bel zal dus uitwijken over een afstand overeenkomende met den hoek 2 $\gamma$, d. i. met het dubbel van de fout in het niveau.

Om nu het niveau te regelen, heeft men bijgevolg slechts de helft van de uitwijking der bel met behulp van de correctieschroeven van het niveau weg te nemen.

Daar men nimmer zeker is juist de helft van de uitwijking te hebben weggenomen, moet de bewerking herhaald worden, door de bel weer te doen inspelen met behulp van de stelschroeven van den niveaubeproever en daarna het niveau 180° om te draaien. Wijkt de bel dan nog een weinig uit, dan wordt die kleine uitwijking weer voor de helft met de correctieschroeven van het niveau weggenomen.

Ten slotte is het zaak zich te overtuigen of nu het niveau werkelijk naar eisch geregeld is, door de bel nogmaals tot inspelen te brengen en daarna het niveau weer 180° om te draaien.

Blijkt na die bewerking, dat de bel blijft inspelen, dan is het niveau geregeld, en de richtlijn van het niveau met de nu daaraan evenwijdige onderzijde der plaat zijn tevens beide horizontaal. Is de bevestiging van het niveau aan zijne onderlaag onveranderlijk (fig. 2), dan kan het onderzoek op dezelfde wijze geschieden; voor de regeling moet men dan echter de onderzijde van de onderlaag zooveel afslijpen als noodig is.

§ 20. Moet het niveau dienen *tot het horizontaal stellen van eene omwentelingsas*, zooals bij sommige instrumenten, dan rust het met hare uiteinden op twee even hooge staanders, waarmede het op de as geplaatst kan worden, op de wijze als door fig. 7 duidelijk gemaakt wordt.

De eischen, waaraan zulk een niveau (*los niveau of ruiterniveau*) heeft te voldoen, zijn:

1°. Richtlijn en as moeten in één vlak liggen;

2°. Richtlijn en as moeten in dat vlak evenwijdig aan elkâar zijn.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
PERPUSTAKAAN NASIONAL RI.

Richtlijn en as moeten in één vlak liggen, omdat anders bij geringe wenteling van het niveau om de as de tot inspeling gebrachte bel zal uitwijken. B. v. zijn de richtlijn AA′ en de as XX′ zoodanig ten opzichte van elkander gelegen als fig. 8 in horizontale projectie aangeeft, dan zal de waarnemer, zich voor het midden der bel plaatsende, deze zien uitwijken, zoodra hij het niveau een weinig doet overhellen naar de eene of naar de andere zijde van het verticale vlak, dat door de as XX′ gaat, en wel naar rechts, wanneer hij het niveau naar zich toe en naar links, wanneer hij het van zich af beweegt.

Wijkt dus de bel, wanneer men deze tot inspelen heeft gebracht en het niveau eene kleine wentelende beweging om de as geeft, niet uit, dan is aan den eersten eisch voldaan; anders herstelt men de fout met behulp van de correctieschroeven D en D′, waarvan eerst de eene uit- en daarna de andere ingedraaid moet worden. De richting waarin de bel uitwijkt, geeft aan in welken zin met de schroeven gewerkt moet worden om de fout weg te nemen.

Om na te gaan of het niveau aan den tweeden eisch voldoet, d.w.z. of richtlijn en as in dat vlak aan elkaar evenwijdig zijn, plaatse men het niveau op de as, late met behulp van de stelschroeven, welke op die as werken, de bel inspelen, en draaie daarna het niveau 180° om. Speelt de bel dan nog in, dan is het niveau geregeld; is zij uitgeweken, dan neemt men de uitwijking voor de helft weg met de correctieschroeven E en E′ van het niveau.

Is het niveau, wat den tweeden eisch betreft, sterk ontregeld, zoodat dus het eene einde van de richtlijn zich veel dichter bij de as bevindt dan het andere, en brengt men, na het niveau behoorlijk op de as geplaatst te hebben, de bel door de stelschroeven, welke op die as werken, tot inspelen, dan zal bij eene wentelende beweging van het niveau om die as, de richtlijn een kegelvlak beschrijven en dus het eene einde van de richtlijn, n.l. dat, hetwelk het dichtst bij de as gelegen is, zich in verticalen zin minder verplaatsen dan het andere einde; de richtlijn zal dus bij die wenteling haren horizontalen stand verliezen. De bel wijkt echter in dat geval bij eene kleine overhelling van het niveau, zoowel naar de eene als naar de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

andere zijde van het verticale vlak, steeds in *dezelfde* richting uit, en wel naar dién kant, waar de richtlijn het dichtst bij de omwentelingsas gelegen is.

Zijn dus richtlijn en as niet in één vlak gelegen en is het niveau tevens, wat den tweeden eisch betreft, sterk ontregeld, dan zullen de uitwijkingen tengevolge van elk dezer fouten zich bij wenteling van het niveau om de as bij elkander voegen, en daardoor wellicht aanleiding geven tot verkeerde gevolgtrekkingen betreffende den stand der richtlijn. Ten einde zulks te voorkomen is het wenschelijk, eerst de correctie met de schroeven E en E′ vrij voldoende te doen plaats hebben, daarna het niveau te corrigeeren met de schroeven D en D′, om vervolgens de eerste correctie te voltooien.

De beide correcties moeten dus beurtelings plaats hebben, te beginnen met die ter regeling van het niveau in verticalen zin.

Bij enkele instrumenten is het niveau aan de horizontaal te stellen as zelve bevestigd. Gebruik en regeling blijven dan echter nagenoeg, zooals daareven voor het los niveau beschreven is, alleen zal bij het onderzoek in horizontalen zin de as met het niveau meêdraaien, en voor dat in verticalen zin de as zelve in haar pannen omgelegd moeten worden.

§ 21. *Om een as verticaal te kunnen stellen* met behulp van een buisniveau, moet de richtlijn van dat niveau rechthoekig staan op die as. Om na te gaan of het niveau aan dien eisch voldoet, wordt de as eerst met behulp van het niet geregelde niveau zooveel mogelijk verticaal gesteld (§ 24), daardoor zal het niveau ten slotte boven een der stelschroeven, welke op de as werken, inspelen.

Draait men nu het niveau 180° om, dan moet, indien de richtlijn van het niveau rechthoekig staat op de as, de bel weder inspelen. Doet zij dit niet, dan is de uitwijking het gevolg van het dubbel der fout. De helft van die uitwijking moet dan worden weggenomen met de correctieschroef van het niveau, waarmede de stand der richtlijn ten opzichte der verticaal te stellen as kan gewijzigd worden. Daarna herhale men de bewerking totdat men ziet, dat het niveau goed geregeld is.

§ 22. Om nu een geregeld buisniveau in de verschillende gevallen te gebruiken, gaat men als volgt te werk.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Een vlak is horizontaal, wanneer twee elkaar snijdende lijnen, in dat vlak gelegen, horizontaal zijn; men heeft dus slechts het niveau op dat vlak in twee elkaar snijdende richtingen te plaatsen en de bel in beide standen te doen inspelen, dan is het vlak horizontaal. Voor het geval dus, zooals zich bij de hierna te behandelen instrumenten uitsluitend voordoet, dat het vlak door drie stelschroeven ondersteund is, plaatst men het geregelde buisniveau boven twee stelschroeven en doet met behulp van beide de bel inspelen. Daarna plaatst men het niveau rechthoekig op den eersten stand en laat de bel weder inspelen, doch nu met behulp van de derde stelschroef; het vlak is dan horizontaal. Toch zal men doorgaans de bewerking moeten herhalen, omdat bij draaiing aan de derde stelschroef het vlak niet wentelt om de lijn, bepaald door het niveau in den eersten stand, doch om de lijn, die de punten der eerstgenoemde stelschroeven vereenigt, en die in den regel niet volkomen evenwijdig zal zijn aan de eerste lijn, zoodat deze bij die wenteling uit den horizontalen stand zal geraken.

§ 23. Om een omwentelingsas horizontaal te stellen, doet men de bel van het vooraf geregelde buisniveau door een der schroeven, welke op de as werken, inspelen; dan zal de richtlijn en ook de daarmede evenwijdige as horizontaal zijn.

In dit geval wordt het spoedigst het doel bereikt, door het niveau boven een der stelschroeven te plaatsen, en bij de bewerking deze schroef te bezigen.

§ 24. Ten einde een as verticaal te stellen, is bij de meeste instrumenten, welke hierna behandeld zullen worden, die as draaibaar in een kegelvormig uitgeboorde bus, en wel zoodanig, dat de meetkundige assen van bus en as samenvallen. De bus wordt dan door drie schroeven ondersteund en kan daardoor gesteld worden. Is dus het niveau goed geregeld, dan zal bij omdraaiing van de as, en daarmede ook van het niveau, de richtlijn een plat vlak beschrijven, rechthoekig op die as. Dit denkbeeldige vlak stelt men met behulp van de stelschroeven horizontaal op overeenkomstige wijze als in § 22 aangegeven is, dan zal tevens de as verticaal komen te staan.

§ 25. Een *dooslibel* of *doosniveau* is een cylindervormig koperen doosje, van boven gesloten met een rechthol of bolhol glazen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

deksel, voorzien van eenige concentrische cirkels, die hun middelpunt ongeveer in de as van de doos hebben.

In den bodem van de doos is een kleine opening aangebracht, die door middel van een schroef gesloten kan worden, en waardoor de doos zoover met aether of alcohol kan gevuld worden, dat een kleine bel overblijft, die steeds het hoogste punt tracht in te nemen.

§ 26. Het raakvlak aan de holle binnenzijde van het glazen deksel in het middelpunt der cirkels heet het *richtvlak* van het niveau. Speelt de bel in, d. w. z. staat zij juist concentrisch met de cirkels, dan is het richtvlak horizontaal, omdat het glazen deksel bolvormig uitgeslepen is en de bel altijd het hoogste punt inneemt.

§ 27. Het doosniveau wordt evenals het buisniveau gebruikt om een vlak horizontaal of een as verticaal te stellen. Moet dit zeer nauwkeurig geschieden, dan wordt, zooals reeds in § 12 gezegd is, de voorkeur gegeven aan het gebruik van een buisniveau.

§ 28. Moet het doosniveau dienen tot het horizontaal stellen van een vlak, dan is gewoonlijk de onderkant van den bodem eenvoudig afgeslepen volgens een plat vlak evenwijdig met het richtvlak.

Om met zulk een niveau een plat vlak horizontaal te stellen, plaatst men het daarop en doet de bel inspelen.

Wil men onderzoeken of het niveau aan dezen eisch voldoet, of n. l. de afgeslepen onderkant evenwijdig is met het richtvlak, dan maakt men gebruik van een niveaubeproever, of een door drie stelschroeven ondersteund plat vlak, plaatst het niveau daarop, doet de bel inspelen en draait daarna het niveau 180° om; speelt de bel dan weer in, dan is het niveau goed geregeld, zoo niet, dan moet de onderkant worden afgeslepen, telkens een weinig, totdat de bel na omdraaiing blijft inspelen.

Om de bel vlug te doen inspelen, brengt men haar met behulp van twee der stelschroeven in de lijn, welke door het middelpunt der concentrische cirkels gaat en rechthoekig staat op de verbindingslijn dier schroeven, en daarna met behulp van de derde schroef tot inspelen.

Soms rust de doos met haren bodem op een veer, en wordt dan door middel van drie in een gelijkzijdigen driehoek geplaatste correctieschroefjes aan eene metalen onderlaag bevestigd (fig. 9).

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Moet zulk een niveau dienen *tot het horizontaal stellen van een vlak*, dan moet de onderzijde van de onderlaag weer evenwijdig zijn met het richtvlak.

Om te onderzoeken of het niveau aan dezen eisch voldoet, wordt op overeenkomstige wijze te werk gegaan als met het eerstbeschreven doosniveau.

Speelt de bel echter na omdraaiing van het niveau niet meer in, dan wordt de uitwijking van de bel voor de helft met behulp van de correctieschroefjes weggenomen.

§ 29. Moet het doosniveau dienen *tot het verticaal stellen van een as*, dan vormt de onderlaag met die as één geheel, en moet het richtvlak rechthoekig op de as staan, of door middel der correctieschroefjes zoo gesteld kunnen worden. De kegelvormige as past in een bus, die door drie stelschroeven ondersteund wordt.

Om te onderzoeken of het niveau goed geregeld is, brenge men door middel van de stelschroeven, welke op de as werken, het niveau tot inspelen en draaie het vervolgens 180° om; blijft het dan nog inspelen, dan is het goed geregeld; zoo niet dan moet de uitwijking van de bel voor de helft door middel der correctieschroefjes worden weggenomen.

Bij enkele instrumenten is aan dezelfde as ook een buisniveau verbonden. In dat geval kan men het niveau ook regelen, door de as eerst met het buisniveau verticaal te stellen, en dan de bel van het doosniveau door middel der correctieschroefjes tot inspelen te brengen.

Is het niveau goed geregeld dan geschiedt het verticaal stellen van de daaraan verbonden as eenvoudig, door de bel door middel van de stelschroeven van de as tot inspelen te brengen.

## IV. De nonius.

§ 30. Meestal is het noodig een hoogeren graad van nauwkeurigheid in de aflezingen van hoeken en afstanden te bereiken, dan de verdeelingen op de verschillende meettoestellen aangebracht, toelaten; met andere woorden, de hoeken en afstanden moeten in kleinere onderdeelen nauwkeurig bekend zijn, dan die verdeelingen aangeven.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het aanbrengen van voldoend kleine onderdeelen op de meettoestellen zelve is dikwijls niet mogelijk; de deelstrepen zouden niet voldoende diep en breed kunnen worden ingesneden, om nog duidelijk genoeg uit te komen.

Een der werktuigen, uitgedacht om dergelijke zeer kleine onderdeelen dan nog met juistheid te kunnen bepalen, is de *nonius* of *vernier*.

In 1492 gaf de Portugees *Pedro Nunez* (*Petrus Nonius*) in eene verhandeling een middel aan, om zeer kleine hoeken te kunnen meten; deze verhandeling bracht den *Nederlander Peter Werner* op het denkbeeld der samenstelling van het hier te behandelen werktuig.

Dit werktuig draagt in *Nederland* den naam van *nonius*, doch wordt ook — vooral in het buitenland — *werner* of *vernier* genoemd; de laatste naam is ontleend aan de omstandigheid, dat de samensteller zich, in een over dit werktuig in 1631 te *Brussel* in de *Fransche* taal uitgegeven geschrift, *Pierre Vernier* teekende.

§ 31. De nonius bestaat uit een verdeeld rechtlijnig of cirkelvormig staafje, dat, op de wijze voorgesteld in de figuren 10, 11 en 12, juist passend, langs een verdeelde meetstaaf of langs een cirkelrand heen en weder geschoven kan worden.

De nonius is zoodanig verdeeld, dat de gezamenlijke lengte van een zeker aantal der daarop aangebrachte verdeelingen overeenstemt met die van een aantal verdeelingen van de meetstaaf of van den cirkelrand, dat één *meer* of één *minder* bedraagt dan eerstbedoeld aantal.

Bijv. $n$ noniusdeelen te zamen genomen zullen overeenstemmen met $n+1$ of met $n-1$ deelen van meetstaaf of cirkelrand. Inrichting en gebruik der noniën voor meetstaven, geheel overeenkomende met die voor cirkelranden, zal kortheidshalve verder voorloopig slechts van noniën voor meetstaven gesproken worden.

§ 32. Er zijn derhalve twee soorten van noniën. De eerste soort, n. l. die waarbij $n$ noniusdeelen gelijk zijn aan $n+1$ deelen van de meetstaaf, worden *terugloopende noniën* en de tweede soort, die waarbij $n$ noniusdeelen overeenkomen met $n-1$ deelen van de meetstaaf, worden *gelijkloopende noniën* genoemd.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 33. Bij de terugloopende noniën is elk noniusdeel grooter dan een deel der meetstaaf. Stelt men namelijk de lengte van een deel der meetstaaf $l$, en die van een noniusdeel $l'$, dan is:

$$n\,l' = (n+1)\,l \text{ of } l' = \frac{n+1}{n}\,l = l + \frac{l}{n},$$

hetgeen, onder woorden gebracht, aanduidt, dat de lengte van elk noniusdeel gelijk is aan de lengte van een deel der meetstaaf, vermeerderd met $\frac{1}{n}$ van dit deel. Het verschil tusschen een noniusdeel en een deel der meetstaaf is derhalve gelijk aan een meetstaafdeel, gedeeld door het getal dat aanduidt, hoeveel noniusdeelen overeenkomen met één deel meer op den rand.

In fig. 10 is de meetstaaf verdeeld in halve centimeters en komen 10 noniusdeelen overeen met 11 meetstaafdeelen. Het verschil bedraagt daar dus $\frac{5 \text{ mM.}}{10} = 0.5$ mM. De aflezingen geschieden bijgevolg voor dezen nonius tot in halve millimeters nauwkeurig.

Gaan we de deelstrepen op den nonius na, dan zien wij — de nulstreep (index) van den nonius niet medetellende —, dat de 7de deelstreep links van den nulstreep in het verlengde valt van een deelstreep van de meetstaaf. De 6de deelstreep is van de daaraanvoorafgaande deelstreep van de meetstaaf zoover verwijderd, als het verschil van een noniusdeel en een randdeel bedraagt, of 0.5 mM.; tusschen de 5e deelstreep van den nonius en de daaraan onmiddellijk voorafgaande streep van de meetstaaf is die verwijdering dubbel zoo groot, dus 1.0 mM., bij de 4de deelstreep driemaal zoo groot, dus 1.5 mM., bij de 3e deelstreep viermaal zoo groot of 2 mM., en eindelijk tusschen de indexstreep van den nonius en de naastvoorafgaande streep van de meetstaaf is de afstand zevenmaal het verschil van een nonius- en een meetstaafdeel, namelijk 3.5 mM.

Gaan we nu verder de verdeeling rechts van den index na, dan zien we dat aan die zijde de 3de deelstreep van den nonius samenvalt met een deelstreep van de meetstaaf, en op dezelfde wijze als voor de deelstrepen links van dien index geschied is, teruggaande, vinden we dat de afstand van die nulstreep



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

tot de naastvolgende meetstaafstreep in dit geval $3 \times 0.5$ mM. $= 1.5$ mM. — de aanvulling van 3.5 mM. tot 5 mM.— bedraagt. Ware dus de nonius ook rechts van den index voldoende ver voortgezet, dan zou men ook telkens de afstanden kunnen vinden, waarop de index van de naastvolgende meetstaafstreep verwijder dis. Dit echter wordt in den regel niet beoogd; men wenscht te weten hoever de index staat van de beginstreep van de meetstaaf, die samenvalt met het linker uiteinde A van de te meten grootheid, en men wil daartoe langs den kortsten weg komen. Men leest daarom eerst de onderdeelen op de meetstaaf zelve af — hier 770 mM.—, en daarna met behulp van den nonius het overblijvend deel, begrepen tusschen de laatste deelstreep van de meetstaaf en den noniusindex, welke juist samenvalt met het rechter uiteinde der te meten grootheid AA.

De afstand tusschen die beide strepen van meetstaaf en nonius moet men zoeken op het gedeelte van den nonius links van den index, en vindt dan op de boven uiteengezette wijze daarvoor 3.5 mM. Deze 3.5 mM., gevoegd bij de 770 van zooeven, geeft voor de gezochte lengteuitgebreidheid 773.5 mM.

Bij deze soort noniën heeft men slechts te rekenen met het gedeelte links van den index. De telling geschiedt van die streep uit; de becijfering moet dus ook loopen van rechts naar links, te beginnen bij de eerste streep na dien index. Zij loopt dus in tegengestelde richting met die op de meetstaaf, welke van links naar rechts verdeeld is.

Vandaar den naam *terugloopende nonius*.

§ 34. Meestal worden bij meetinstrumenten echter gelijkloopende noniën gebruikt. Bij deze noniussoort is de lengte van $n$ noniusdeelen gelijkgenomen aan die van $n-1$ deelen der meetstaaf.

De lengte van een noniusdeel en van een deel der meetstaaf wederom $l'$ en $l$ stellende, is:

$$l' = \frac{n-1}{n} l = l - \frac{l}{n}$$

Bij de gelijkloopende noniën is dus het verschil tusschen een meetstaafdeel en een noniusdeel gelijk aan een randdeel, gedeeld door het getal dat aangeeft, hoeveel deelen van den nonius overeenkomen met een deel minder op den rand.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

In fig. 11, waar zulk een nonius voorgesteld is, liggende tegen een meetstaaf verdeeld in halve centimeters, komen 10 deelen van den nonius overeen met 9 deelen van de meetstaaf, en is dat verschil derhalve $\frac{1}{10}$ van een meetstaafdeel, d.i. 0.5 mM. De meting kan dientengevolge plaats hebben tot in halve millimeters nauwkeurig.

Beschouwen we ook nu weder meetstaaf en nonius ten opzichte van hunnen betrekkelijken stand, dan zien we in diezelfde figuur 11, aan de rechterzijde van de nulstreep of index zoekende, en deze niet medetellende, dat de achtste streep van den nonius samenvalt met een streep van de meetstaaf.

Op dezelfde wijze als bij de terugloopende nonius beschreven is (§ 33), van de achtste deelstreep langs de zevende, zesde, enz. deelstreep teruggaande tot den index, vindt men ook hier weder, dat de afstand tusschen den index van den nonius en de naastvoorafgaande streep van de meetstaaf gelijk is aan achtmaal het verschil tusschen een meetstaafdeel en een noniusdeel of $8 \times 0.5$ mM. $= 4$ mM.

Links van de nulstreep, deze weder niet medetellende, ziet men de tweede streep van den nonius samenvallen met een streep van de meetstaaf, en ook nu teruggaande tot den index vindt men voor den afstand van deze tot de naastvolgende streep van de meetstaaf tweemaal het verschil tusschen een meetstaaf- en een noniusdeel, of $2 \times 0.5$ mM. $= 1$ mM., zijnde de aanvulling der eerstgevonden 4 mM. tot een geheel meetstaafdeel of 5 mM. Ware de nonius ook links van den index voldoende ver voortgezet, dan zou men telkens ook den afstand kunnen vinden van den index tot de naastvolgende streep van de meetstaaf. Ook hier wordt echter slechts beoogd, met behulp van den nonius, het overblijvende stukje van de meetstaaf te vinden, begrepen tusschen den index van den nonius en de laatstvoorgaande streep van de meetstaaf. Het is daarom alleen noodig te rekenen met het deel van den nonius rechts van dien index; slechts dát deel is dus van de noodige cijfers voorzien, en wel van het nulpunt uit in dezelfde richting als de becijfering op de meetstaaf.

Vandaar den naam *gelijkloopende nonius*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 35. Om eene lengteuitgebreidheid AA te meten, met behulp van een meetstaaf voorzien van een gelijkloopenden nonius, zal men moeten zorgen, dat het linker uiteinde van AA gelijk komt met het nulpunt der meetstaaf; vervolgens verschuift men den nonius langs de meetstaaf, totdat zijn nulpunt met het rechter uiteinde van AA overeenstemt. De gezochte lengte zal nu gevonden worden, door eerst het aantal geheele deelen der meetstaaf, vóór den index gelegen, af te lezen, hier (fig. 11) bijv. 410 mM. en daarna den kleinen afstand tusschen de laatst afgelezene deelstreep der meetstaaf en het nulpunt van den nonius op de zooeven aangegeven wijze te bepalen.

We vonden voor dien afstand 4 mM., die, gevoegd bij de 410 mM. op de meetstaaf afgelezen, voor de lengteuitgebreidheid van AA 414 mM. geeft.

Heeft men dus een meetstaaf voorzien van een nonius en wil men dat werktuig bezigen tot het meten van afstanden, dan ga men eerst na of de nonius is een terugloopende of een gelijkloopende. Loopt de becijfering op den nonius in tegengestelde richting met die op de meetstaaf, dan heeft men te doen met een terugloopenden nonius. Meestal echter zal men de nummers van nonius en meetstaaf in dezelfde richting zien opklimmen en dus een gelijkloopenden nonius voor zich hebben. Daarna onderzoeke men hoe groot het verschil is tusschen een noniusdeel en een deel der meetstaaf; daartoe heeft men zoowel bij terugloopende als bij gelijkloopende noniën slechts de lengte van één deel dier meetstaaf te deelen door het aantal deelen van den nonius, dat overeenkomt met één deel meer, respectievelijk één deel minder, van de meetstaaf. Dit quotiënt geeft tevens aan, tot in welke onderdeelen nauwkeurig gemeten kan worden.

Eerst daarna kan men tot de meting zelve overgaan. Uit de behandelde voorbeelden is gemakkelijk af te leiden, wat daartoe noodig is.

Om ten slotte den afstand te vinden, waarop de nulstreep van den nonius van de naast daaraan voorafgaande verdeelstreep der meetstaaf verwijderd is, zoeke men de deelstreep van den nonius, die zuiver met een deelstreep der meetstaaf overeenstemt — bij terugloopende noniën links van den index, bij

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

gelijkloopende rechts van den index — en vermenigvuldige het verschil tusschen een meetstaaf- en een noniusdeel met het rangcijfer van die deelstreep van den nonius; met het getal dus, dat aanwijst, hoeveel noniusdeelen die deelstreep van den nul van den nonius verwijderd is.

Om deze vermenigvuldiging te ontgaan is zij op den nonius zelve reeds uitgevoerd. Zoo staan b. v. in de fig. 10 en 11 op de noniën niet de rangcijfers 0, 2, 4, 6 enz. maar hunne producten met 0,5, dus 0, 1, 2, enz., die onmiddellijk de millimeters aangeven.

| | | |
|---|---|---|
| Zoo lazen we in fig. 10 op de meetstaaf af | 770 | mM. |
| en met behulp van den nonius | 3.5 | „ |
| Totaal | 773.5 | mM. |
| En in fig. 11 op de meetstaaf. . . . . | 410 | mM. |
| en met behulp van den nonius | 4 | „ |
| Totaal | 414 | mM. |

Bij het bepalen der overeenstemmende deelstrepen van nonius en meetstaaf is het van het uiterste belang, het oog steeds zooveel mogelijk in een vlak te houden, dat door die deelstrepen verticaal op de meetstaaf gedacht wordt.

Houdt men het oog daarbuiten, dan ontstaat er *verschilzicht* of *parallax* en wordt de aflezing onzuiver, daar men schijnbaar verdeelstrepen zal zien samenvallen, die in de werkelijkheid niet overeenstemmen.

Gebruikt men voor het aflezen een loupe, en dit is bij instrumenten meestal het geval, dan moet men er dus voor zorgen dat de samenvallende strepen zich midden daarin vertoonen.

Om zich te overtuigen of een deelstreep van den nonius werkelijk juist samenvalt met een deelstreep der meetstaaf, ga men na, of de onmiddellijk daarnaast gelegen deelstrepen van nonius en meetstaaf evenveel, doch in omgekeerde richting, van elkander afwijken. Is dit het geval, dan kan men zeker zijn van de samenvalling.

Niet altijd zal echter een deelstreep van den nonius volkomen met een deelstreep der meetstaaf samenvallen. Men neemt dan de deelstreep van den nonius, die het dichtst bij eene deelstreep van de meetstaaf staat.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Wijken twee opvolgende deelstrepen in tegengestelde richtingen evenveel af, dan kan men het gemiddelde nemen der aanwijzingen dier beide strepen.

§ 36. Het spreekt van zelve, dat al hetgeen hiervoren over rechtlijnige verdeelde staven met noniën werd gezegd, ook geheel van toepassing blijft voor cirkelvormige verdeelde randen en de daarbij behoorende noniën.

Zij bijv. RA (fig. 12) de in halve graden verdeelde rand van eenig meetinstrument, waaraan een nonius van 30 deelen is aangebracht, wier lengte overeenstemt met die van 29 randdeelen, dan zal men volgens den in § 35 aangegeven regel voor het verschil van een rand- en een noniusdeel vinden $\frac{30}{30}' = 1'$.

Om nu den stand te vinden van den index of de nulstreep van den nonius, leze men eerst het aantal heele en halve graden af vóór dien index — hier bijv. 45°30′— en zoeke daarna weder de deelstreep van den nonius, die het meest met eene deelstreep van den rand overeenstemt, hier de dertiende. Dit rangcijfer vermenigvuldigende met het verschil tusschen een nonius- en een randdeel geeft $13 \times 1' = 13'$.

Voor den gezochten stand vinden we dus 45°43′.

Stemde noch de dertiende, noch de veertiende deelstreep van den nonius met eene deelstreep van den rand overeen, doch waren zij beiden evenver verwijderd van de ter weerszijden daarvan gelegene randstrepen, dan zoude men het gemiddelde tusschen 13′ en 14′ dus 13′,5 moeten genomen hebben, en daardoor voor den gezochten stand 45°43′,5 gevonden hebben.

Was de dertiende noniusstreep dichter bij een randstreep gelegen dan de veertiende, dan zou men, door vergelijking der grootte van de afwijkingen van beide noniusstrepen van hunne naastbijzijnde randstrepen, tot een schatting der waarde van den werkelijken hoek kunnen geraken.

Bedroeg de afwijking der veertiende noniusstreep van de dichtst bij haar zijnde randstreep bijv. het dubbele van de afwijking der dertiende noniusstreep van de naastbijgelegene randstreep, dan zoude de aflezing dienen te zijn 45°43′15″.

Het verdient echter geen aanbeveling langs dien weg nauwkeurigheid te verkrijgen. Bij de hier voorgestelde nonius is

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

schatting tot in halve minuten nauwkeurig, de uiterste grens, waarop vertrouwd mag worden.

Wil men tot in halve minuten nauwkeurig aflezen, en door schatting dus kwart minuten verkrijgen, dan moet men bij een cirkelrand, verdeeld in halve graden, eenen nonius bezigen, die zoodanig verdeeld is, dat de lengte van 60 noniusdeelen overeenkomt met die van 59 randdeelen. Het verschil tusschen een rand- en een noniusdeel bedraagt dan $\frac{30'}{60} = 30''$.

Gaat de beeijfering van een verdeelden cirkelrand in twee richtingen b.v. naar links en naar rechts van 0° tot 180° of van twee nulpunten uit naar links en naar rechts tot 90°, dan heeft men voor de aflezingen zoogenaamde *dubbele noniën* noodig, d.z. noniën, welke van den index uit, zoowel naar links als naar rechts verdeeld zijn, en waarvan men dan, al naar gelang van het deel van den cirkelrand, waarop de aflezing geschieden moet, de naar links, dan wel de naar rechts verdeelde helft bezigt.

§ 37. In den nonius vindt men tevens een middel om na te gaan of de verdeeling op een meetstaaf of rand, nauwkeurig is aangebracht. Men handele daartoe als volgt: na zich overtuigd te hebben, dat de meetstaaf in haar geheel de *juiste lengte* heeft, of indien men met een cirkelrand te doen heeft, dat de rand in haar geheel de *juiste boogmaat* aangeeft, en ook dat de verdeelstrepen op meetstaaf of rand tot het *vereischte aantal* voorkomen, plaatst men den nonius door middel van klem- en micrometerschroeven zoodanig, dat — aanvangende met het nulpunt op meetstaaf of rand — het beginpunt van den nonius achtereenvolgens met iedere deelstreep op de verdeelde meetstaaf of op den verdeelden rand overeenkomt; in ieder dier standen ga men na, of het eindpunt van den nonius ook telkens nauwkeurig samenvalt met een der deelstrepen van meetstaaf of rand. Bij terugloopende noniën zal deze dan natuurlijk $n+1$ en bij gelijkloopende noniën $n-1$ deelen voorbij dié deelstreep van staaf of rand gelegen zijn, welke op dat oogenblik in het verlengde van de streep van den nonius gelegen is. Is de overeenstemming voortdurend juist, of zijn de verschillen zoo gering dat zij gerust verwaarloosd mogen worden, zoo is de meetstaaf of rand goed verdeeld. Nadat bovenstaand onder-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

zoek aangetoond heeft, dat begin- en eindpunten van den nonius nauwkeurig $n+1$ of $n-1$ deelen van de meetstaaf of van den verdeelden rand van elkander verwijderd, en ook dat meetstaaf en rand goed verdeeld zijn, kan men door de navolgende proef zich overtuigen, of de nonius in gelijke deelen is verdeeld.

Aan weerszijden der beide einden, dus zoowel aan het nul- als aan het eindpunt, zijn bij de meeste noniën nog eenige deelstrepen buiten den eigenlijken nonius aangebracht. Men kan nu achtereenvolgens elk dier buiten den eigenlijken nonius zich bevindende deelstrepen als begin- of nulpunt aannemen, en daarna nagaan, of, als een dier deelstrepen met eene deelstreep op de meetstaaf of den rand overeenstemt, ook het einde van het $n^{de}$ daarvan verwijderde noniusdeel wederom met het $(n+1)^e$ of $(n-1)^e$ deel van meetstaaf of rand overeenkomt.

Op die wijze kan men aan de beide einden van den nonius een aantal deelen beproeven, overeenkomende met het aantal der ter weerszijden buiten den nonius zich nog bevindende deelstrepen. Voor het middendeel van den nonius zal men zich echter moeten vergenoegen, met eene goede loupe, nauwkeurig na te gaan, of, wanneer een deelstreep van den nonius in overeenstemming wordt geplaatst met een deelstreep der verdeelde meetstaaf of van den verdeelden rand, de beide nevenliggende strepen van den nonius even ver verwijderd zijn van de naastbijzijnde deelstrepen van meetstaaf of rand.

Dit onderzoek eischt echter een geoefend oog en dient met behulp van eene sterk vergrootende loupe te geschieden.

## V. De inrichtingen voor vastklemmen en fijne beweging.

§ 38. Bij vele instrumenten vindt men inrichtingen, die ten doel hebben bewegelijke deelen in bepaalden stand te houden, door deze vast te klemmen aan onbewegelijke deelen dier instrumenten. Daar het somwijlen zeer moeilijk is aan zulk een bewegelijk deel met behulp van de hand alleen, den vereisch-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

ten stand te geven, waar dit met groote juistheid moet geschieden, is de inrichting, welke hier bedoeld wordt, voorzien van een micrometerschroef, die hare werking op het vastgeklemde deel kan uitoefenen, om daaraan na de vastklemming nog eene geringe beweging te kunnen mededeelen.

Deze *inrichtingen voor vastklemmen en fijne beweging* vindt men bijv. bij de meeste instrumenten, die van een kijker als vizierinrichting voorzien zijn, en wel om den kijker snel en juist te kunnen richten en in dien vereischten stand te houden, zoolang dit voor de waarnemingen noodig mocht zijn.

Bij al die inrichtingen is de *micrometerschroef* het voornaamste onderdeel.

§ 39. Door micrometerschroeven verstaat men in het algemeen schroeven met een zeer fijn gesneden schroefdraad en eene geringe schroefgangshoogte of spoed. (In de fig. 13 en 14, bij M).

De micrometerschroef is tot het doel in § 38 aangegeven, voorzien van eene moer. Deze moer is òf langs de schroef verplaatsbaar, òf zij wordt op eene bepaalde plaats onbewegelijk vastgehouden. In het eerste geval schuift de moer met het daaraan verbonden deel van het instrument, door de draaiende beweging der schroef om hare as, langs die schroef heen en weder. In het tweede geval daarentegen zal de schroef zelve, bij de draaiing om hare as in de vaste moer, zich in de richting dier as voor- of achterwaarts verplaatsen, en het met haar verbondene gedeelte van het instrument medevoeren. Soms ook wordt de moer op eene bepaalde plaats vastgehouden, doch zij kan zich op die plaats zelve om hare as bewegen. De micrometerschroef, welke met het te verplaatsen gedeelte van het instrument verbonden is, draait dan niet, doch zal zich in die moer voor- of achteruit bewegen, naargelang de moer tegen den schroefdraad op-, dan wel van den schroefdraad afgedraaid wordt.

In fig. 13 wordt de eerstvermelde inrichting aanschouwelijk voorgesteld, zooals zij bij de oudere instrumenten aan den horizontalen rand gevonden wordt.

De micrometerschroef M vormt met het koperen bolletje B één geheel en kan daarmede eene draaiing om hare as

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

ondergaan. Het plaatje P en de elleboog *e*, waarin dit bolletje door middel der schroef S wordt vastgehouden, zijn, om de rotatie te vergemakkelijken, en tevens om het bolletje B op zijn plaats te houden, aan de binnenzijde bolvormig uitgehold; in het bovenvlak van den elleboog *e* is eene kleine opening *o* geboord, om de tot het wegnemen der wrijving vereischte olie te kunnen aanbrengen.

Het plaatje P vormt tevens een deel van de bovenste klemplaat *q*; zoodat dus, zoodra de onderste klemplaat *q'* door middel van de klemschroef K tegen den verdeelden rand van eenig hoekmeetinstrument wordt vastgeklemd, het bolletje B met de daaraan verbondene micrometerschroef M op die plaats van den verdeelden rand wordt vastgehouden.

De moer M', welke nu bij de draaiïng der micrometerschroef gedwongen wordt zich van *a* naar *b* of van *b* naar *a* te bewegen, zal dus den met haar, door middel van het plaatje P' en den elleboog *e*, verbonden alhidade met zich medevoeren.

Fig. 14 stelt eene inrichting tot vastklemmen en fijne beweging voor, waarbij het eerste en het tweede systeem te zamen in toepassing gebracht zijn. De aan de alhidade verbonden moer M' beweegt zich, evenals bij de in fig. 13 voorgestelde micrometerinrichting, van *a* naar *b* of wel van *b* naar *a* langs de micrometerschroef M; doch ook deze verplaatst zich bij hare ronddraaiende beweging, en wel in tegengestelde richting van de moer, daar hier ook in het bolletje B, dat door de klemschroef K met de beide klemplaten *q* en *q'* onbewegelijk aan den verdeelden rand van het instrument kan worden verbonden, eene moer is gesneden. Hadden de op beide gedeelten der micrometerschroef gesnedene schroefdraden gelijkhellende schroefgangen, dan zou, bij eene draaiende beweging der schroef M, de alhidade ten opzichte van den verdeelden rand niet verplaatst worden. Men geeft echter het in de moer van het bolletje B werkende gedeelte der micrometerschroef een minder hellenden, fijner gesneden schroefgang dan het gedeelte, hetwelk de moer M' verplaatst. Eene aldus ingerichte micrometerschroef draagt den naam van *differentiaalmicrometerschroef*.

In fig. 15 is het derde der aangegeven systemen in toepas-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

sing gebracht; zij stelt eene micrometerinrichting voor, waarbij de schroef M zich met het daaraan verbondene gedeelte VVV van het instrument, op en neder kan bewegen in de lange moer M′M′, die van onderen door een schroefdop D afgesloten is. Tusschen het losse deel VVV en het vaste deel OOHH van het instrument is een sterke spiraalveer aangebracht. Door deze zal dus VVV naar boven gedrukt worden, en daarmede ook de micrometerschroef M en de daaraan geschroefde moer M′M′, zoodat het bovendeel dier moer steeds tegen het plaatje HH aangedrukt blijft en in dien stand gehouden wordt. Draait men nu de moer tegen de schroefdraad op, dan wordt de ruimte tusschen V en HH kleiner en V moet dus zakken; draait men de moer van de schroefdraad af, dan wordt die ruimte grooter en V moet dan stijgen. Denke men zich nu aan V het achterdeel van een kijker verbonden, dan zal bij die beweging van V dat deel van den kijker worden medegevoerd en dus de helling van den vizierlijn gewijzigd worden.

De moer M′ maakt verder één geheel uit met een verdeelden ring RR, of afleestrommel, die met de moer mededraait, terwijl HH een vasten wijzer *i* draagt, waardoor, de hoogte van den schroefgang der schroef M bekend zijnde, de verplaatsing van het gedeelte V nauwkeurig kan worden gemeten.

De hoogte van een schroefgang bijv. 0,25 millimeter stellende, zal, wanneer de ring RR in 100 deelen verdeeld is, elke draaiing van de moer over de lengte van één dier deelen, het gedeelte V eene verplaatsing van 0.0025 millimeter doen ondergaan. Was op HH, in plaats van een enkelen wijzer, een nonius aangebracht, waardoor bijv. tiende deelen van een trommeldeeltje afleesbaar zouden worden, dan zoude men de verplaatsing van het gedeelte V tot op 0.00025 millimeter kunnen nagaan.

Om de hoogte van een schroefgang te weten, mete men met een zuiver verdeeld meetstaafje de lengte der schroef, en deele die door het aantal schroefgangen. Is bijv. de geheele lengte van de schroef 2 centimeters, en bevinden er zich op die lengte 80 schroefgangen, dan is de hoogte van elken schroefgang 0.25 millimeter.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Ten einde nu ook het aantal geheele schroefomwentelingen te kunnen aflezen, is op het onwrikbaar gedeelte OOHH van het instrument ook bij I een wijzer aangebracht tegenover eene verdeelde schaal S′ op het verstelbare gedeelte VVV.

Bij elke geheele schroefomwenteling wijst de index één deel meer of minder op die schaal aan, al naar gelang VVV zich naar beneden of naar boven verplaatst heeft.

§ 40. Bij de nieuwere instrumenten zijn de inrichtingen voor vastklemmen en fijne beweging veelal ingericht zooals in de figuren 16ª, 16ᵇ en 17 aangegeven is.

Door de klemschroef A (fig. 16ª en 16ᵇ) aan te draaien, wordt het klemplaatje B tegen de onwrikbaar vaststaande bus C van het instrument aangedrukt. De arm D wordt daardoor vast aan de bus C verbonden.

In de bus C is een vertikale as E geplaatst, die met de alhidade Q en daaraan verbonden lip F, daarin vrij zou kunnen draaien, indien die lip niet tusschen de spiraalveer G en de micrometerschroef H vastgehouden werd. Na de vastklemming met de klemschroef A, blijft dus nog slechts fijne beweging door middel van de micrometerschroef H mogelijk.

Draait men de klemschroef A los, dan kan de arm D om de bus C vrij draaien, en zal bij hare beweging om die bus de lip F, de alhidade QQ en de vertikale as E met al wat daaraan vast zit, medevoeren.

In fig. 17 ziet men een dergelijke inrichting. C is het vaste instrumentdeel, waarin de horizontale as E vrij kan draaien, zoolang de klemschroef A het plaatje B niet tegen die as aanklemt.

Draait men de schroef A vast aan, dan wordt daardoor tevens het boveneinde van den arm D aan die as verbonden. Aan het benedeneinde wordt die arm door de spiraalveer G, die op de pin I werkt, tegen de micrometerschroef H gedrukt. Door het draaien aan de micrometerschroef wordt dus aan den arm D, en daarmede aan de as E met al wat daaraan verbonden is, eene fijne beweging om die as medegedeeld.

De micrometerinrichtingen waarbij spiraalveeren gebezigd worden, hebben het voordeel, dat door de werking der spiraal doode punten in den gang der micrometerschroeven onmoge-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

lijk worden. Fig. 16″ en 16‴ betreffen eene inrichting voor vastklemmen en fijne beweging in horizontalen zin, fig. 17 eene tot gelijk doel in verticalen zin.

§ 41. Is de micrometerschroef niet bestemd om de juiste afmetingen der verplaatsing van eenig deel van een hoek- of lengtemeetinstrument te leeren kennen, doch heeft zij slechts ten doel daaraan zeer kleine gelijkmatige bewegingen mede te deelen, dat kan het onderzoek van zulk een micrometerschroef zich bepalen tot het nagaan, of de beweging door de schroef veroorzaakt, werkelijk over haar geheele lengte gelijkmatig, dat is, zonder schokken plaats heeft, en er zich door afslijting van schroef of moer geene doode punten gevormd hebben.

Bij het gebruik is het dan ook aan te raden, de micrometerschroef steeds over hare geheele lengte, en niet, zooals somwijlen plaats heeft, slechts over haar middendeel te gebruiken, daar anders de schroef ongelijkmatig afslijt, en spoediger onbruikbaar zal worden.

Moet de micrometerschroef echter dienen om de juiste grootte der door haar medegedeelde bewegingen te kennen, dan zal men door middel der dan steeds, hetzij op den schroefkop, hetzij op de moer, aangebrachte verdeeling moeten onderzoeken, of over de geheele lengte der schroef alle schroefgangen gelijke hoogte hebben.

Men zie namelijk of bij iedere wenteling van de schroef om hare as even groote bewegingen aan het te verplaatsen gedeelte worden medegedeeld.

In fig. 15 bijv. moet de schaal S′, zooals reeds bekend is, zuiver de verplaatsing van het deel VV′V in schroefgangen aangeven, en heeft men dus slechts na te gaan, of de schaal zuiver verdeeld is en of bij elke geheele schroefomwenteling de index juist een deel meer of een deel minder op de schaal aanwijst.

## VI. Het statief.

§ 42. Bijna alle instrumenten, tot het meten van hoeken bestemd, moeten tijdens het gebruik op een onbewegelijk steunvlak gesteld worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Slechts enkele kleinere, en de meeste spiegelinstrumenten worden bij de metingen in de hand gehouden.

Moeten er op eene zelfde plaats geruimen tijd achtereen waarnemingen met eenig hoekmeetinstrument verricht worden, en wil men, zooals bij triangulatiën het geval is, het waarnemingspunt zoodanig verzekeren, dat men het steeds zal kunnen terugvinden, dan verdient het aanbeveling aldaar een steenen pilaar met een plat bovenvlak te doen bouwen, die dan gedurende de metingen als plaats van opstelling voor het instrument kan dienen. Het meest voorkomende geval is echter, dat op verschillende punten telkens slechts enkele waarnemingen moeten verricht worden, en dan verdient het de voorkeur het instrument tijdens de waarnemingen te plaatsen op een gemakkelijk vervoerbaar, opzettelijk daartoe ingericht toestel, dat den naam *statief* draagt.

§ 43. Een gevolg van het onderscheid in samenstelling, afmetingen en gewicht der verschillende instrumenten is, dat ook de daarbij behoorende statieven nog al in vorm en grootte van elkander afwijken. Zij hebben echter steeds twee hoofdbestanddeelen gemeen, namelijk de houten of metalen kop, waarop het instrument rust en een drietal houten beenen, welke den kop ondersteunen. Die beenen moeten eene behoorlijke lengte hebben, zoodat het instrument zich na de opstelling op eene hoogte boven den bodem bevindt, welke zich het best voor den waarnemer eigent.

Bij het gebruik worden de drie beenen stevig in den grond gedrukt, waartoe zij aan hunne ondereinden voorzien zijn van spitse ijzeren schoenen, of punten, die het indringen vergemakkelijken. Aan ieder been bevindt zich meestal een uitsprong, om daarop voor het in den grond drukken den voet te kunnen plaatsen.

De bevestiging der beenen aan den kop is zoodanig, dat na de opstelling het instrument door het statief nagenoeg onbewegelijk ondersteund wordt.

Fig. 18 stelt een statief voor, dat bij sommige waterpasinstrumenten, en in het algemeen bij enkele lichtere hoekmeetinstrumenten wordt gebruikt.

De kop K eindigt van onderen in een driehoekig prisma P,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Op de zijvlakken van dit prisma kunnen de drie beenen B zich om loodrecht op die vlakken aangebrachte metalen assen M bewegen. De naar buiten uitstekende einden dier assen zijn van schroefdraden en vleugelmoeren voorzien, waardoor de beenen vast tegen den kop aangedrukt kunnen worden, en aan dien kop aldus een onbewegelijken stand kan worden verzekerd.

Van boven eindigt de kop in een koperen afgeknotten kegel A. Deze kegel dient om het instrument aan het statief te verbinden. Daartoe bevindt zich onder aan het instrument, waarbij dit statief behoort, een afgeknot kegelvormig uitgeholde buis A', welke juist op den metalen kegel van het statief past, en door een klemschroef C daaraan bevestigd kan worden.

Fig. 19 is de afbeelding van een statief, dat bij de instrumenten van middelbare afmetingen in gebruik is.

De kop K is een nagenoeg 5 centimeters hoog stuk hout, uitgesneden in de gedaante, welke de figuur aangeeft.

Aan de drie uitstekende armen A van dien kop zijn de statiefbeenen C om metalen assen B beweegbaar; zij kunnen door middel der klemschroeven D vast tegen den kop aangeklemd worden.

In het bovenvlak van den kop bevinden zich drie geelkoperen plaatjes *a*, *b* en *c*. In *a* ziet men een kuiltje, in *b* een inkeping, terwijl *c* een plat bovenvlak vertoont.

Het instrument door drie stelschroeven ondersteund, wordt steeds zoodanig op het statief gesteld, dat de eene stelschroefpunt in het kuiltje, de tweede in de inkeping en de derde op het platte bovenvlak van *c* komt te rusten.

In het midden is de kop doorboord, ten einde de verbindingstang S door te laten, waarmede het instrument aan het statief bevestigd wordt. Voor die bevestiging eindigt de verbindingstang van boven in een haak H, welke kan grijpen in een onder aan het instrument aangebracht oog. Om de stang is een spiraalveer E gewonden, gevat in twee in elkander schuivende koperen cylinders.

Deze spiraal kan, wanneer het boveneinde van den bovensten cylinder tegen het uitgeholde ondervlak van den kop van het statief rust, door de moer F, welke zich langs een in de stang gesneden schroefdraad kan bewegen, samengedrukt worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De haak H, en dus ook het oog van het instrument, worden bij die samendrukking der spiraal naar beneden getrokken, waardoor het instrument vast tegen den kop van het statief geklemd wordt. Die klemming mag echter niet te sterk zijn.

Een derde statiefsoort, afgebeeld in fig. 20 is bij een der oudere theodolieten van Breithaupt in gebruik.

De afmetingen zijn belangrijk grooter dan bij de hiervoren beschrevene statieven.

De cylindervormige houten kop K heeft een middellijn van 25 tot 26 en eene hoogte van ± 7 centimeters.

Deze kop is op drie plaatsen doorboord tot doorlating der, door middel van de koperen assen *a* aan de drie houten beenen verbondene, koperen schroeven *s*; deze beenen kunnen door middel van in den kop ingelaten koperen moeren *m*, *m'* en *m''* vast aan het statief geklemd worden.

De beenen van het statief zijn aan de boveneinden afgerond, terwijl zich in het ondervlak van den statiefkop uithollingen tot het ontvangen dier einden bevinden.

Daar, waar de schroef *s* het boveneinde van het statiefbeen doorboort, is in dat boveneinde eene sleuf *i i* gemaakt, waardoor aan de statiefbeenen verschillende standen ten opzichte van het bovenvlak van den kop van het statief kunnen gegeven worden, en dientengevolge ook het instrument naar behoefte hooger of lager te stellen is.

De in den kop van het statief ingelaten moeren *m*, *m'* en *m''* kunnen door middel van den schroefsleutel L aan- of losgedraaid worden.

Ter bevestiging van het instrument aan het statief is in het midden van den kop eene groote opening geboord ter doorlating van de stang S, die aan haar boveneinde de moer M heeft.

De stang is aan den kop van het statief verbonden, door een daarin verschuifbaar plankje P, dat besloten is tusschen den kop K en het eveneens doorboorde onderstuk L. Op den bodem van de moer M bevindt zich voorts nog een koperen spiraaltje S', dat een koperen plaatje draagt tot ondersteuning der verticale as van den theodoliet.

Onder aan het instrument bevindt zich een schroef, die in

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

de moer M past. Zoodra deze schroef geheel ingedraaid is, treedt dit spiraaltje als ondersteuning der as in werking. Om de stang S is een zware koperen spiraal S″ gewonden, die, door aandraaiing der moer M′, tegen den onderkant van het plankje P gedrukt wordt. Aldus wordt het instrument aan het statief bevestigd.

Onder aan de stang S bevindt zich een haak H tot het ophangen van een schietlood.

De stelschroeven van het instrument eindigen hier in plaatjes, die door middel van eene kogelbeweging daaraan verbonden zijn. Van daar dat ook geene metalen steunvlakken voor de voetpunten in het bovenvlak van den kop van het statief noodig zijn. Deze inrichting heeft het voordeel, dat de theodoliet gemakkelijk over het gladde bovenvlak van den statiefkop kan worden verschoven en dus de verticale as, met behulp van het schietlood, juist boven eenig punt van het terrein gebracht kan worden, zonder dat het noodig is het geheele statief te verplaatsen.

Daar de stang S daarenboven door een verschuifbaar plankje met het statief verbonden is, kan deze bij dergelijke verplaatsingen gemakkelijk de bewegingen van het instrument volgen.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## HOOFDSTUK B.

## DE VERGROOTINGSWERKTUIGEN.

### I. Straalbreking.

§ 44. Door *licht* verstaat men de oorzaak eener eigenaardige gewaarwording, welke het oog van de omringende voorwerpen ontvangt, en waardoor wij in staat gesteld worden ze te zien.

De voorwerpen, welke deze gewaarwording veroorzaken, heeten in 't algemeen *lichtgevende lichamen;* zij verspreiden het licht in alle richtingen en de denkbeeldige lijnen, waarlangs die lichtverspreiding plaats heeft, noemt men *lichtstralen.*

§ 45. In eene gelijkslachtige, doorzichtige middenstof heeft die lichtverspreiding in alle richtingen op dezelfde wijze, volgens rechte lijnen plaats.

Gaan lichtstralen daarentegen van de eene gelijkslachtige, doorzichtige middenstof in de andere over, dan veranderen zij bij den overgang plotseling van richting, om daarna weder in een rechte lijn voort te gaan, zoolang zij zich in dezelfde gelijkslachtige stof bewegen. Deze afwijking van den door hen aanvankelijk gevolgden weg wordt *straalbreking* of *refractie* genoemd.

§ 46. Zij AA′ (fig. 21) het scheidingsvlak tusschen twee verschillende doorzichtige middenstoffen, DE een lichtstraal, die bij E van de eene in de andere stof treedt, en daarna in de richting ED′ voortgaat, dan noemt men, wanneer NN′ de normaal op het vlak AA′ in het punt E voorstelt, DE den *invallenden* en ED′ den *gebroken* lichtstraal, DEN *den hoek van inval* en D′EN′ *den hoek van breking.*

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 47. Proefnemingen en onderzoekingen hebben geleerd, dat de gebroken lichtstraal gelegen is in het vlak, dat bepaald wordt door den invallenden straal en de normaal op het scheidingsvlak, en, dat de hoek van breking toeneemt met den hoek van inval; en wel zoodanig, dat de verhouding der sinussen van de hoeken van inval en van breking standvastig blijft, zoolang de middenstoffen dezelfde zijn.

Die standvastige verhouding noemt men de *brekingscoëfficiënt*, ook wel *brekingsaanwijzer* of *brekingsindex*.

Volgens deze wet, bekend onder den naam van *wet van Snellius* of *van Descartes*, zal dus een straal DE, fig. 21, die met de normaal op het scheidingsvlak NN′ in het vlak van teekening ligt, gebroken worden volgens de lijn ED′, welke ook in dat vlak gelegen is. Een andere straal $D_1E$ zal gebroken worden volgens $ED'_1$, ,zoodanig dat de sinussen der hoeken van inval, in onze figuur voorgesteld door de lijnen BC en B′C′, zich verhouden tot de sinussen van de bijbehoorende hoeken van breking n.l. FG en F′G′ als een standvastig getal, dat we $m$ zullen noemen, dus:

$$\frac{BC}{FG} = \frac{B'C'}{F'G'} = m,$$

of in 't algemeen de hoek van inval $\alpha$ en die van breking $\alpha'$ noemende, $\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = m$, of $\sin \alpha = m \sin \alpha'$

§ 48. Is de hoek van inval gelijk nul, dan wordt ook de hoek van breking gelijk nul; m.a.w. normaal op het scheidingsvlak invallende lichtstralen worden niet gebroken, doch gaan in rechte richting door, onafhankelijk van het straalbrekend vermogen der stof.

Dit bijzondere geval uitgezonderd, verandert dus de straal telkens van richting, waar zij in een andere middenstof treedt. Wisselt de middenstof aanhoudend, dan zal dus ook de lichtstraal aanhoudend van richting veranderen, m.a.w. gebogen worden. Dit verschijnsel doet zich o.a. in de geodesie bij het waterpassen gevoelen; tengevolge namelijk van de breking die de lichtstralen ondergaan in de lucht, die uit lagen van verschillende dichtheid bestaat, komen die lichtstralen niet volgens rechte lijnen tot ons, maar volgens flauw gebogen lijnen *(straalbuiging)*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Treedt een lichtstraal uit de dampkringslucht in een doorzichtig vast lichaam of in eene doorzichtige vloeistof, dan is blijkens genomene proeven de straalbrekingscoëfficiënt altijd grooter dan de eenheid; dan nadert dus de gebroken lichtstraal de normaal. Wanneer echter omgekeerd een lichtstraal uit eene vloeistof of een vast lichaam in de dampkringslucht overgaat, dan is die coëfficiënt steeds kleiner dan de eenheid; de gebroken lichtstraal zal zich dus van de normaal verwijderen.

§ 49. De breking van het licht door eenige stof geschiedt slechts voor een gedeelte regelmatig; een ander gedeelte wordt of teruggekaatst, of verspreid. Elke breking vermindert dan ook de sterkte van het licht; dit zal dus zwakker worden, naarmate het meermalen gebroken wordt.

Bovendien gaat bij het indringen van een lichtstraal in eene stof veel licht verloren ten gevolge van zoogenaamde *opslurping van licht*. De mate van opslurping is afhankelijk van de dikte en van de al of niet gelijkmatige dichtheid der stof en ook van de kleur van het licht.

§ 50. Wanneer lichtstralen, die van eenzelfde punt in den dampkring uitgaan, door een klein gedeelte van het hol- of bolvormig oppervlak van eenige doorzichtige vaste stof gebroken worden, zullen die lichtstralen zich na de breking ten naastenbij weder in één punt vereenigen.

Zij bijv. AA′ (fig. 22) het boloppervlak der brekende stof en M het middelpunt, waaruit dit oppervlak beschreven is. Zij verder O het lichtgevende punt en OB een lichtstraal, uit het punt O op het oppervlak AA′ vallende, dan zal men de richting BC van den gebroken lichtstraal vinden, door, na de normaal MD in het punt B te hebben getrokken, aan die normaal een hoek MBC $= \alpha'$ uit te zetten, zoo groot, dat — hoek OBD $\alpha$ noemende —:

$$\sin \alpha = m \sin \alpha' \text{ is.}$$

Stelt men verder gemakshalve OE, de afstand waarop het lichtend punt van het brekend oppervlak verwijderd is, gelijk $a$, de straal MB, waarmede het boloppervlak beschreven is, gelijk R, en EC gelijk $a_1$, dan heeft men uit de driehoeken OCB en OMB:

OC: BC = sin $(\alpha - \alpha')$: sin O, en OM: BM = sin $\alpha$: sin O.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Daar hoek BME zeer klein is, kan men veilig BC = EC stellen, en voor sin $(\alpha - \alpha')$ en sin $\alpha$, de hoeken $(\alpha - \alpha')$ en $\alpha$ nemen, waardoor bovenstaande evenredigheden veranderen in: $(a + a_1) : a_1 = \alpha - \alpha' :$ sin O, en

$$a + R : R = \alpha : \text{sin O, waaruit men vindt:}$$

$$\frac{a_1 (\alpha - \alpha')}{a + a_1} = \frac{R \alpha}{a + R}.$$

Voert men in de zooeven gevonden vergelijking $m\alpha'$ voor $\alpha$ in, dan wordt $\frac{a_1 (m\alpha' - \alpha')}{a + a_1} = \frac{m R \alpha'}{a + R}$,

$$a_1 (m-1)(a+R) = a\, m\, R + a_1\, m\, R,$$

$$a_1 (m-1)\, a + a_1 (m-1)\, R - a_1\, m\, R = a\, m\, R,$$

$$a_1 (m-1)\, a - a_1\, R = a\, m\, R,$$

$$\text{dus: } a_1 = \frac{maR}{(m-1)\, a - R}.$$

De waarde van $a_1$ zal voor alle lichtstralen, uit het lichtgevende punt O op een zeer klein deel van het bolvormig oppervlak AA′ vallende, dezelfde blijven, waaruit volgt, dat alle stralen uit het punt O op dat kleine deel van het bolloppervlak AA′ vallende, zich na breking in hetzelfde punt C der lijn OM zullen hereenigen.

De lichtkegel, door de van een punt uitgaande stralen gevormd, zal derhalve, na door eene bolvormige, doorzichtige middenstof gebroken te zijn, overgaan in een anderen kegel, die hetzelfde grondvlak heeft, doch welks top in tegenovergestelde richting gelegen is.

§ 51. Daar van ieder punt van een lichtgevend voorwerp op gelijke wijze alle daarvan uitgaande stralen, na breking door een klein gedeelte van een bolvormig oppervlak, wederom in één punt samenkomen, zal zich uit de aaneenschakeling dier verzamelingspunten een beeld van het voorwerp vormen.

Kan dit beeld op een scherm worden opgevangen, dan heet het een *werkelijk* ook wel *reëel* of *luchtbeeld*, zoo niet, dan noemt men het gevormde beeld een *schijn-* of *virtueel beeld*.

In het eerste geval wordt het beeld gevormd door de gebrokene lichtstralen zelve, in het tweede geval door hunne verlengden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 52. Is de afstand, waarop het voorwerp verwijderd is, zóó groot, dat de van daar op het brekende boloppervlak vallende lichtstralen, als evenwijdige stralen kunnen aangenomen worden, dan komen die stralen, na hunne breking door het oppervlak, wederom in één punt samen, dat men het *brandpunt* noemt.

De afstand van het brandpunt tot aan het boloppervlak — *brandpuntsafstand* geheeten — vindt men, door de formule: $a_1 = \frac{maR}{(m-1)a-R}$ te schrijven in den vorm $a_1 = \frac{mR}{(m-1)-\frac{R}{a}}$,

en daarin den afstand $a$, waarop het lichtend voorwerp van het boloppervlak verwijderd is, gelijk $\infty$ te stellen; de brandpuntsafstand $f$ noemende, wordt:

$$f = \frac{mR}{m-1} = \frac{m}{m-1} R.$$

Uit deze formule blijkt, dat het brandpunt van eenig boloppervlak steeds verder van dat oppervlak verwijderd zal zijn dan het middelpunt, waaruit dit beschreven werd, zoolang $m > 1$ is.

§ 53. Nadert het lichtgevende voorwerp het brekende boloppervlak, dan verwijdert zich daarvan het door breking gevormde beeld; wordt de afstand tusschen beiden $\frac{R}{m-1}$, dan loopen de gebrokene lichtstralen evenwijdig, waardoor zich geen beeld kan vormen; komt het voorwerp eindelijk nog dichter bij het brekend oppervlak, dan verspreiden de lichtstralen zich na hunne breking, en vormt er zich een schijnbeeld vóór het boloppervlak, dus aan de zijde der lichtbron.

Want schrijft men de formule:

$$a_1 = \frac{maR}{(m-1)a-R} \text{ weder onder de gedaante}$$

$$a_1 = \frac{mR}{(m-1)-\frac{R}{a}},$$

dan zal, steeds in de veronderstelling dat $m > 1$ is, hoe kleiner men den afstand $a$ neme, waarop het lichtgevend voorwerp van het boloppervlak verwijderd is, de waarde van $\frac{R}{a}$ des te

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

grooter worden, die van den noemer derhalve verminderen, waardoor de waarde der geheele breuk zal toenemen, en de afstand, waarop het gebrokene beeld zich achter het oppervlak vormt, grooter zal worden.

Neemt men $a = \frac{R}{m-1}$, dan wordt de noemer nul, en dus $a_1 = \infty$. De lichtstralen zullen dan na hunne breking evenwijdig loopen, zoodat er geen beeld gevormd wordt.

Wordt $a$ nog kleiner, dan zal de noemer, en dus ook $a_1$ negatief worden, en de lichtstralen zullen zich na hunne breking verspreiden.

Valt het licht van eenig voorwerp in den dampkring op een klein gedeelte van een bolvormig, uitgehold, doorschijnend oppervlak eener vaste stof, dan worden de lichtstralen van dit voorwerp na hunne breking door vermeld oppervlak insgelijks verspreid, en vormt zich het beeld van het voorwerp vóór het oppervlak.

Neemt men namelijk in de formule:

$$a_1 = \frac{maR}{(m-1)\,a - R},$$

R negatief, dan zal $a_1$ negatief worden, omdat $m > 1$ is, want de formule wordt alsdan:

$$a_1 = -\frac{maR}{(m-1)\,a + R},$$

Is daarentegen $m < 1$, hetgeen het geval zal zijn, wanneer de lichtstraal uit de doorzichtige vaste stof in den dampkring treedt, dan blijft $a_1$ positief, en zullen de lichtstalen na hunne breking wederom samenloopen, zoolang $a > \frac{R}{1-m}$ is, hetgeen duidelijk in het oog springt, wanneer men de formule verandert in:

$$a_1 = -\frac{maR}{R-(1-m)\,a} = -\frac{\frac{m}{1-m}\,aR}{\frac{R}{1-m} - a}.$$

§ 54. Gaat een lichtstraal door eene, door evenwijdige vlakken begrensde, doorzichtige middenstof, dan zal hij bij dien doorgang tweemaal gebroken worden, en zich daarna in eene

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

richting voortzetten evenwijdig met zijne richting vóór de breking.

Zijn BB en B′B′ (fig. 23) de evenwijdige grensvlakken der bedoelde middenstof, dan zal een lichtstraal, komende van eenig voorwerp A, eerst in C en daarna in C′ eene breking ondergaan, en wel zoodanig, dat $\angle DC'N_1' = \angle ACN$ is, waardoor de uittredende lichtstraal C′D weder evenwijdig komt met de intredende AC.

## II. Lenzen.

§ 55. Door een *lens* verstaat men een straalbrekende, doorzichtige middenstof, begrensd door twee kleine gedeelten van bolloppervlakken.

Van de eigenschappen der breking van het licht heeft men gebruik gemaakt, om door middel van lenzen vergroote beelden van verwijderde voorwerpen te vormen.

§ 56. De middelpunten C en C′, zie fig. 24, dier oppervlakken worden hunne *geometrische middelpunten* geheeten.

§ 57. Elke lens heeft één punt dat de eigenschap bezit alle stralen, die zoodanig op de lens vallen, dat zij na breking door dat punt gaan, evenwijdig aan hun oorspronkelijke richting te doen uittreden, zoodat die stralen geen verandering van richting ondergaan, maar alleen zijdelings een weinig verschoven worden.

Het punt der lens dat deze eigenschap bezit, wordt het *optisch middelpunt* genoemd. Zij, in fig. 24, C″ het optisch middelpunt, dan zullen de punten C, C′ en C″ in eene rechte lijn gelegen zijn, die loodrecht staat op het midden van het cirkelvlak, dat de beide kleine boldeelen gemeen hebben; die lijn wordt met den naam van *optische as* der lens bestempeld.

§ 58. De lenzen worden in twee hoofdsoorten onderscheiden n.l.:

I. *convexe lenzen*, die in het midden dikker zijn dan aan de randen, en

II. *concave lenzen*, waarbij het omgekeerde het geval is.

De convexe lenzen kunnen zijn, zooals in fig. 25 onder de letters A, B en C voorgesteld:

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

A. *biconvex* of *dubbelbol*;
B. *planconvex* of *platbol*;
C. *concaafconvex* of *holbol*;

De concave kunnen zijn, zooals in dezelfde figuur onder D, E en F afgebeeld.

D. *biconcaaf* of *dubbelhol*;
E. *planconcaaf* of *plathol*;
F. *convexconcaaf* of *bolhol*.

Het onderscheid tusschen holbolle en bolholle lenzen bestaat daarin, dat van de beide oppervlakken, waardoor de lenzen begrensd worden, bij de eersten het bolle en bij de laatsten het holle oppervlak het sterkst gekromd is.

De lenzen sub I worden ook wel *verzamelende* of *positieve* lenzen, en die sub II *verspreidende* of *negatieve* lenzen genoemd.

§ 59. Zij AA′ eene lens (fig. 26), M het middelpunt van het oppervlak ABA′, M′ dat van het oppervlak AB′A′, OD een lichtstraal, die uit het punt O voortkomt, met de optische as der lens samenvalt en dus, loodrecht op de beide oppervlakken der lens vallende, ongebroken doorgaat, en OCC′D′ een gebroken lichtstraal, die van hetzelfde punt O uitgaat. Zij verder D het punt, waar de gebroken lichtstraal de, met de optische as der lens samenvallende, lichtstraal zoude snijden, indien de brekende stof aan de zijde van D niet begrensd was, en de lichtstraal derhalve slechts eenmaal gebroken werd.

Stelle men nu MB = R, M′B′ = R′, OB = OB′ = $a$, BD = B′D = $a_{\text{I}}$, en BD′ = B′D′ = $a_{\text{II}}$, daar de dikte der lens klein genoeg is, om verwaarloosd te kunnen worden, en men derhalve BB′ gelijk nul kan nemen. Volgens de vroeger afgeleide formule voor de breking van een lichtstraal door een bolvormig oppervlak zal dan

$$\text{BD} = \text{B}'\text{D} = a_{\text{I}} = \frac{ma\text{R}}{(m-1)a-\text{R}} \quad \text{zijn.}$$

De lichtstralen van uit het lichtend punt O, die bij den overgang van de lucht in de stof, waarvan de lens vervaardigd is, door het voorste bolvormig oppervlak in de richting van D gebroken werden, en wanneer zij in dezelfde stof bleven, in dit punt zouden samenloopen, worden nu echter bij den overgang van het lichaam der lens in de dampkringslucht

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

door het tweede (holle) oppervlak nogmaals gebroken, en wel in de richting van D′.

Stelt men om B′D′ te berekenen, in de formule voor B′D $= a_2 = \frac{ma\mathrm{R}}{(m-1)\,a-\mathrm{R}}$, $a = -a_1$, $\mathrm{R} = -\mathrm{R}'$, en $m = \frac{1}{m}$, omdat voor dit tweede holle oppervlak de afstand van het voorwerp, en de straal van het brekend oppervlak in tegenovergestelde richtingen gelegen zijn, van die bij de breking door het bolle oppervlak aangenomen, terwijl ook de straalbrekingscoëfficiënt bij den overgang van het glas in de lucht juist omgekeerd is, aan dien bij den overgang van de lucht in het glas, dan wordt:

$$\mathrm{BD}' = \mathrm{B}'\mathrm{D}' = a_{\mathrm{II}} = \frac{a_1\mathrm{R}'}{(m-1)\,a_1 + m\,\mathrm{R}'}.$$

Schrijft men verder de formules voor $a_1$ en $a_{\mathrm{II}}$ onder de gedaanten: $\frac{1}{a_1} = \frac{m-1}{m} \times \frac{1}{\mathrm{R}} - \frac{1}{m\,a}$, en $\frac{1}{a_{\mathrm{II}}} = (m-1)\,\frac{1}{\mathrm{R}'} + m\,\frac{1}{a_1}$, en brengt men vervolgens de waarde van $\frac{1}{a_1}$ der eerste formule in de tweede over, dan krijgt men:

$$\frac{1}{a_{\mathrm{II}}} = (m-1)\,\left(\frac{1}{\mathrm{R}} + \frac{1}{\mathrm{R}'}\right) - \frac{1}{a}.$$

Daar deze waarde van $a_{\mathrm{II}}$ voor alle lichtstralen geldt, die van uit eenig lichtgevend punt O op de lens vallen, wordt er in het punt D′ een beeld van het punt O van het voorwerp gevormd. Bovenstaande formule voor $a_{\mathrm{II}}$, de afstand van het gevormde beeld tot de lens, is afgeleid voor het geval, dat beide oppervlakken der lens bol zijn, en dat de op de lens vallende lichtstralen uiteenloopen.

Om dezelfde formule te vinden voor lenzen met holle oppervlakken, stelt men R of R′, of wel beiden negatief; voor evenwijdig loopende stralen neme men $a = \infty$; terwijl voor stralen naar een punt achter de lens samenloopende, $a$ negatief dient genomen te worden.

§ 60. Het *brandpunt* eener lens is het punt, waarin evenwijdig aan de optische as der lens invallende stralen, na de breking

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

vereenigd worden. De afstand van het brandpunt tot het optisch middelpunt eener lens wordt de *brandpuntsafstand* van de lens genoemd. Deze is afhankelijk van het straalbrekend vermogen der stof, waaruit de lens vervaardigd is, en van de stralen, waarmede de oppervlakken dier lens beschreven zijn.

Om die brandpuntsafstand $f$ te vinden, neme men zooals reeds aangegeven werd, in de formule:

$\frac{1}{a_{11}} = (m-1)\ (\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}) - \frac{1}{a}$, $a = \infty$, waardoor die formule verandert in:

$$\frac{1}{f} = (m-1)\ (\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}).$$

§ 61. Is een lichtend punt O′ (fig. 26) niet in de optische as der lens gelegen, dan zal de daarvan uitgaande, door het optische middelpunt getrokkene, lichtstraal O′E zich, na hare breking door de lens, in eene richting voortzetten, evenwijdig met hare aanvankelijke richting, daar die lichtstraal door onderling evenwijdige gedeelten der lens tweemaal gebroken wordt. Is de dikte der lens — zooals meestal het geval is — zeer gering, dan kan men, die dikte wegdenkende, ook aannemen, dat die lichtstraal O′E bij haren doorgang door de lens ongebroken haren weg zal vervolgen. Dergelijke door het optisch middelpunt der lens gaande assen noemt men *neven- of bijassen*, en de daarmede samenvallende lichtstralen *hoofdstralen*. Al hetgeen hiervoren omtrent lichtstralen, uitgaande van een in de optische as der lens gelegen, lichtend punt gezegd werd, is dan ook geheel van toepassing voor een punt, in een der nevenassen gelegen; de aangegeven formules blijven geheel dezelfde.

§ 62. Wil men den brandpuntsafstand, bijv. eener verzamelende lens, proefondervindelijk bepalen, dan late men het licht der zon, of van eenig zeer ver verwijderd voorwerp, op de lens vallen, en vange het beeld daarvan op een scherm op. De afstand, waarop het beeld der zon of van het lichtende voorwerp zich het scherpst op dat scherm afteekent, is de gezochte brandpuntsafstand.

§ 63. Wanneer bij eene verzamelende lens het lichtgevend voorwerp verder dan de brandpuntsafstand verwijderd is, vormt zich een werkelijk beeld van dat voorwerp aan de andere zijde der lens; nadert het voorwerp de lens, dan verwijdert zich het beeld

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

daarvan; komt het voorwerp op brandpuntsafstand, dan vormt er zich geen beeld meer; komt het nog nader, dan vormt zich een schijnbeeld vóór de lens, dus aan de zijde van het voorwerp.

In het laatste geval bestaat het beeld niet uit de aaneenschakeling der zich verspreidende, gebroken lichtstralen, maar ontstaat uit de vereeniging der ontmoetingspunten van de verlengden dier stralen, welke ontmoetingspunten allen vóór de lens gelegen zijn.

Brengt men namelijk de formule voor den brandpuntsafstand $\frac{1}{f} = (m-1)\,(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'})$ over in de formule voor den afstand van het gevormde beeld tot de lens, derhalve in $\frac{1}{a_{II}} = (m-1)\,(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}) - \frac{1}{a}$, dan verkrijgt men:

$\frac{1}{a_{II}} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}$, of $a_{II} = \frac{af}{a-f}$.

Hoe kleiner in deze laatste formule de afstand $a$ van het voorwerp tot de lens wordt, hoe grooter de afstand $a_{II}$ zal zijn, waarop zich het beeld vormt.

Is die afstand $a = f$, de brandpuntsafstand der lens, dan wordt $a_{II} = \infty$, en loopen de lichtstralen na de breking evenwijdig, waardoor zich geen beeld kan vormen.

Wordt $a < f$, dan zal $a_{II}$ negatief worden, en vóór de lens zich een schijnbeeld vormen.

De grootte van het beeld, gevormd door de breking der lichtstralen van eenig voorwerp door eene lens, verhoudt zich tot de grootte van dat voorwerp, als de afstand tusschen het gevormde beeld en de lens tot den afstand, waarop het voorwerp van de lens verwijderd is.

Zij bijv. AB (Fig. 27) een voorwerp en CC′ de optische as der verzamelende lens DE, dan zal men de grootte van het, van dit voorwerp gevormde beeld op de navolgende wijze kunnen bepalen. De hoofdstraal AA′ zal, daar deze door het optisch middelpunt der lens gaat, en wijl men de dikte der lens als zeer gering kan wegdenken, ongebroken zijnen weg vervolgen. Een uit A evenwijdig met de optische as der lens opvallende straal zal, zooals vroeger reeds werd aangetoond, na breking door het brandpunt F der lens gaan.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het snijpunt A′ der stralen AOA′ en A$a$A′ zal derhalve het beeld van het punt A aangeven. Voor het punt B van het voorwerp kan men verder op gelijke wijze het beeld B′ construeeren; A′B′ zal derhalve het beeld van het geheele voorwerp AB uitmaken.

In fig. 27 is het voorwerp buiten den brandpuntsafstand der lens geplaatst; doch ook indien het daar binnen ligt, gaat de behandelde constructie door (zie fig. 28).

In fig. 27 is A′B′ een omgekeerd luchtbeeld, dat op een scherm, achter de lens juist in C′ geplaatst, zichtbaar zal zijn, en dat ook door den waarnemer gezien zal worden, indien deze het oog op den afstand van duidelijk zien achter C′ houdt. Het oog tusschen C′ en O plaatsende, zal men door de lens wel lichtindrukken ontvangen, doch geene beelden zien, daar de lichtstralen, van eenig punt van het voorwerp uitgaande, elkander achter het oog zullen snijden.

In fig. 28 is A′B′ een recht schijnbeeld, dat door het oog, waar ook achter de lens geplaatst, gezien, maar niet op een scherm opgevangen kan worden, daar de stralen zelve niet op de plaats komen, waar het beeld schijnt gevormd te worden.

Uit fig. 27 volgt van zelve A′B′: AB = OC′: OC.

De grootte van het voorwerp AB = H, die van het beeld A′B′ = — $h$, OC′, de afstand waarop het beeld achter de lens gevormd wordt, evenals vroeger gelijk $a_{II}$, OC, de afstand waarop het voorwerp van de lens verwijderd is, gelijk $a$, en de brandpuntsafstand der lens gelijk $f$ stellende, verandert bovenstaande evenredigheid in:

$$-h : H = a_{II} : a.$$

$$-h = H\frac{a_{II}}{a},$$

en daar $a_{II} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{af}{a-f}$ is, wordt

$$-h = H\,\frac{f}{a-f}, \text{ of } h = -H\,\frac{f}{a-f}.$$

Is dus bij eenig voorwerp $f > (a-f)$ of $a < 2f$, dan zal het beeld grooter zijn dan het voorwerp. Het beeld wordt echter kleiner, wanneer $a > 2f$ is. Wordt $a < f$, dan verandert de voor $h$ gevonden uitdrukking van teeken, en

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

wordt dus positief, d.w.z. dan vormen zich rechte beelden, terwijl dan ook $h$ steeds grooter zal zijn dan H.

Eene verzamelende lens geeft derhalve omgekeerde, vergroote beelden, wanneer de afstand van het voorwerp tot de lens kleiner dan de dubbele, en grooter dan hare enkele brandpuntsafstand is. Wordt de afstand van het voorwerp grooter dan de dubbele brandpuntsafstand, dan geeft de lens omgekeerde, verkleinde beelden. Is het voorwerp binnen den brandpuntsafstand geplaatst, dan wordt er een recht schijnbeeld gevormd, dat steeds grooter dan het voorwerp zal zijn.

§ 64. Verspreidende lenzen hebben geen eigenlijk, doch slechts een oneigenlijk brandpunt, daar het niet door de gebroken stralen zelve, maar door hunne verlengden, en dus slechts schijnbaar gevormd wordt. Van alle vóór deze lenzen geplaatste voorwerpen worden rechte schijnbeelden gevormd, die steeds kleiner dan de voorwerpen zelve zullen zijn.

Stelt men namelijk in de formule voor den brandpuntsafstand, $\frac{1}{f} = (m-1)\,(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'})$, van fig. 25 lens D beschouwende, R en R′ negatief, de lens E nemende, $R = \infty$ en R′ negatief, en voor de lens F, R negatief en $<$ R′ dan krijgt men voor de brandpuntsafstanden dier lenzen in opvolging:

$$\frac{1}{f} = -\,(m-1)\,(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'});$$

$$\frac{1}{f} = -\,(m-1)\,\frac{1}{R'};$$

$$\frac{1}{f} = -\,(m-1)\,(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'});$$

dus is $f$ steeds negatief.

Neemt men de hieruit voor den brandpuntsafstand te vinden waarden, dan wordt de formule voor den afstand, waarop bij verspreidende lenzen het beeld zich vormt:

$$\frac{1}{a_{II}} = -\frac{1}{f} - \frac{1}{a}, \text{ of } a_{II} = -\frac{af}{a+f},$$

waaruit blijkt, dat ook de waarde van $a_{II}$ bij deze lenzen steeds negatief blijft — zoolang de waarde van $a$ positief is — en dus de beelden zich vóór de lens zullen vormen, zoolang dat voorwerp er vóór staat.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Die beelden zullen ook steeds kleiner zijn dan het voorwerp, daar de formule voor $h$ in de vorige paragraaf ontwikkeld met betrekking tot verzamelende lenzen, voor de verspreidende lenzen overgaat in: $h = H \frac{f}{a + f}$

Het positieve teeken van $h$ wijst daarenboven aan, dat de beelden in denzelfden stand als het voorwerp, en dus recht worden waargenomen.

§ 65. Zooals reeds werd opgemerkt, zullen lichtstralen die van eenzelfde punt uitgaan, op kleine gedeelten van boloppervlakken vallende, na breking wederom in één punt samenkomen.

Groote lenzen echter met sterk gekromde oppervlakken zullen niet alle, van eenzelfde punt komende, stralen in één punt hereenigen. De evenwijdig opvallende lichtstralen, n.l. die op korte afstanden van het midden van zulk een lens invallen, zullen zich na de breking verder van de lens vereenigen, dan evenwijdige stralen, die den rand der lens treffen. Daardoor ontstaat, wat men noemt *afdwaling wegens bolvormigheid* of *spherische aberratie*.

De door dergelijke lenzen gevormde beelden zijn onzuiver begrensd, en daardoor onduidelijk.

§ 66. Ten einde deze onduidelijkheid van het beeld te verminderen, vangt men de meest afwijkende randstralen op een ringvormig scherm (*diaphragma*) op, en laat het beeld alzoo slechts vormen door de, door het midden der lens gebrokene lichtstralen. Hierbij valt op te merken, dat de meerdere scherpte van het beeld wordt verkregen ten koste der lichtkracht.

De aangegevene afdwaling kan echter ook aanmerkelijk verminderd worden door de vereeniging van een bolle en eene holle lens (fig. 29). Het lenzenstelsel wordt daarbij zóó gekozen — en dit is de kunst van den instrumentmaker — dat deze afdwaling zoo weinig mogelijk hinderlijk is.

§ 67. Een straal wit licht, van de eene stof in de andere overgaande, wordt niet alleen van richting veranderd, dat is gebroken, maar daarenboven ontleed in stralen van verschillende kleur.

Men noemt dit *kleurschifting door straalbreking*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Wanneer men een witte lichtstraal, een zonnestraal b.v., door eene kleine opening in een scherm op een prisma laat vallen, vormt deze na zijne breking door het prisma een langwerpig beeld, dat uit eene opeenvolging van kleuren bestaat. Gewoonlijk onderscheidt men in dit beeld zeven hoofdkleuren, die van onder naar boven aldus op elkander volgen: *rood*, *oranje*, *geel*, *groen*, *blauw*, *indigo* en *violet*. Deze meest zichtbare kleuren dragen den naam van *regenboogkleuren*.

Elk dier gekleurde stralen heeft eene eigene breekbaarheid, en laat zich niet verder in kleuren ontbinden; van daar dat deze prismakleuren ook wel *enkelvoudige kleuren* genoemd worden.

Vereenigt men de prismakleuren met behulp van een ander, in tegenstelden zin van het eerste geplaatst prisma, dan verkrijgt men wederom nagenoeg wit licht.

Vereenigt men slechts eenige kleuren van het prismabeeld, dan ontstaat er eene *samengestelde kleur*. Zoo geeft de vereeniging van rood en geel, *oranje*; die van geel en blauw, *groen*; die van blauw en rood, *violet*.

Wanneer men eenige kleuren van het prismabeeld tot eene samengestelde kleur samenvoegt, de overigen tot eene tweede samengestelde kleur, en eindelijk deze beiden met elkander vereenigt, dan ontstaat er ten slotte wit licht.

Samengestelde kleuren, die — vereenigd — wit licht geven, noemt men elkanders *aanvullings-* of *complementaire kleuren*. Zoo zijn rood en groen, oranje en blauw, geel en violet elkanders aanvullingskleuren.

§ 68. Het prisma, dat de ontbondene kleuren wederom tot een kleurloos wit beeld samenvoegt, draagt den naam van *achromatisch prisma*. De prisma's, tot de ontbinding en weder vereeniging der kleuren van een lichtstraal gebezigd, bestaan meestal het eene uit *crown-* het andere uit *flintglas*.

§ 69. Wordt wit licht door eene lens gebroken, dan heeft die lens voor iedere kleur, waarin het witte licht ontbonden wordt, — daar elk dier kleuren hare eigene breekbaarheid bezit —, een eigen brandpunt. De onzuiverheid der beelden die daardoor ontstaat, wordt de *afdwaling wegens kleurschifting* of *chromatische aberratie* genoemd.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Ten gevolge daarvan vertoonen zich de beelden met gekleurde randen, hetgeen vooral blijkt, wanneer men, door het midden der lens te bedekken, slechts de randstralen waarneemt.

§ 70. Om door middel van lenzen kleurlooze beelden der waargenomene voorwerpen te verkrijgen, verbindt men, in navolging van het hiervoren omtrent de prisma's gezegde, eene dubbelbolle lens met eene bolholle van eene andere stof, en kiest de stoffen, waaruit beide lenzen vervaardigd worden, zoodanig, dat de brandpuntsafstanden dier lenzen ongekeerd evenredig zijn aan hun straalverspreidend vermogen. De kleurschifting, door de eene lens ontstaan, wordt dan door de tweede vernietigd. Aldus samengestelde lenzen heeten *kleurlooze* of *achromatische lenzen*. Zij bestaan gewoonlijk uit een dubbelbolle lens van crownglas, en een holbolle lens van flint- of loodhoudend glas (zie fig. 29).

Beide lenzen worden meestal onmiddellijk tegen elkander aangelegd, en onderling zoodanig verbonden, dat hunne optische assen samenvallen.

Twee, en zelfs drie lenzen kunnen echter de lichtstralen nog niet tot een volkomen kleurloos beeld vereenigen. Door drie lenzen te bezigen, verliest echter het beeld reeds te veel aan helderheid; men volstaat dan ook meestal met twee lenzen, en vereenigt daardoor slechts de meest hinderlijke randstralen, terwijl men de zachter gekleurde middenstralen, die een genoegzaam onzichtbaar nevenbeeld geven, gedeeltelijk onvereenigd laat. De vereeniging van een dubbelbolle en een bolholle lens heeft echter niet alleen ten gevolge dat de afwijking wegens kleurschifting grootendeels verdwijnt, ook de afdwaling wegens bolvormigheid kan daardoor in aanmerkelijke mate verminderd worden (zie § 66).

De randstralen, die door de bolle lens sterker gebroken worden dan de middenstralen, worden door de holle lens weder sterker uiteengespreid dan die middenstralen.

§ 71. Lenzenstelsels nu, die zoowel de afwijking wegens kleurschifting als die wegens bolvormigheid zoo goed mogelijk opheffen, noemt men *aplanatisch*.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## III. Het menschelijk oog.

§ 72. Het menschelijk oog (zie fig. 30) bestaat in hoofdzaak uit drie achter elkander geplaatste, doorzichtige deelen, n. l. de *voorste oogkamer* A gevuld met *waterachtig vocht*, *de kristallens* B, en de *achterste oogkamer* C, gevuld met eene geleiachtige massa, het zoogenaamd *glasachtig lichaam*, welke door verschillende vliezen en weefsels omgeven zijn. Door deze drie deelen van het oog worden de lichtindrukken door middel van het daarachter geplaatste netvlies D op de gezichtszenuw E, en door deze naar de hersenen overgebracht.

De optische as der kristallens noemt men *de as van het oog*. De lichtstralen, die van de omringende voorwerpen op het oog vallen, worden door straalbreking in het oog tot beelden op het netvlies vereenigd. De eischen voor het goed zien van een voorwerp zijn: 1° dat het voorwerp eene genoegzame lichtsterkte bezit; 2° dat de afstand, waarop het zich van het oog bevindt, noch te groot noch te klein zij.

§ 73. Bestond het oog uit deelen, wier gedaante standvastig was, dan zou men er slechts voorwerpen mede kunnen zien, die op een bepaalden afstand daarvan verwijderd zijn.

Het beeld van het voorwerp zou zich naarmate van den afstand, waarop het voorwerp van het oog geplaatst is, nu eens *voor*, dan weder *achter*, en slechts bij uitzondering *op* het netvlies vormen.

Het oog kan echter zijne gedaante zoodanig naar den afstand der voorwerpen, waarop het gericht is, wijzigen, dat de van die voorwerpen uitgaande lichtstralen zich steeds juist op het netvlies tot een beeld vormen. Dit vermogen wordt *het accomodatievermogen van het oog* genoemd.

§ 74. Elk oog heeft evenwel één afstand, waarop het gemakkelijker de voorwerpen ziet, dan op eenigen anderen afstand. Die afstand noemt men dien van *duidelijk zien*.

De wijze, waarop het oog zich naar den afstand van het voorwerp regelt (accomodeert), is nog niet met zekerheid bekend; het oog heeft intusschen voor die werking eenigen tijd noodig, en kan dus niet gelijktijdig met juistheid een zeer nabij en een zeer veraf gelegen voorwerp zien, iets

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waarop men bij de samenstelling van richttoestellen dient bedacht te zijn.

De afstand van duidelijk zien — voor een normaal oog ongeveer 25 cM. bedragende — is niet voor alle oogen dezelfde, en verschilt ook met den leeftijd. Bij oudere menschen is de afstand van duidelijk zien door eene langzame afplatting van het oog meestal grooter geworden.

§ 75. Is het oog te plat, dan geven alleen verwijderde voorwerpen duidelijke beelden; is het oog daarentegen te bol, dan ziet men slechts dichtbijzijnde voorwerpen met voldoende scherpte. Het eerste gebrek veroorzaakt *vérziendheid*, het tweede *bijziendheid*. Om deze gebreken zooveel mogelijk te verhelpen, plaatst men verzamelende of verspreidende lenzen (*brillen*) voor het oog.

§ 76. Om eenig voorwerp duidelijk te kunnen zien, moet daarenboven de hoek, welke de uiterste, van eenig voorwerp uitgaande in het optisch middelpunt van het oog samenkomende stralen maken, niet te klein zijn. Men noemt dezen hoek den *gezichtshoek*.

## IV. De microscopen.

§ 77. Het doel der vergrootingswerktuigen is het oog in staat te stellen voorwerpen nog duidelijk te zien, die het zonder die hulpmiddelen niet scherp meer zou kunnen waarnemen.

Men verdeelt de vergrootingswerktuigen in *microscopen* en *kijkers*.

§ 78. De microscopen dienen om van dichtbij gelegene, doch zeer kleine, voorwerpen sterk vergroote beelden te vormen, zoodat alle bijzonderheden duidelijk waarneembaar worden.

Tot de microscopen behooren de *vergrootglazen* of *loupen*, de *enkelvoudige* en de *samengestelde microscopen*.

§ 79. Het *gewone vergrootglas* bestaat uit eene verzamelende lens A, gevat in een koperen ring B, welke van een handvat C voorzien is (fig. 31).

De vergrootglazen moeten zoodanig tusschen het voorwerp en het oog geplaatst worden, dat het voorwerp zich even binnen den brandpuntsafstand der lens bevindt, en het beeld juist

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

op den afstand van duidelijk zien van het oog gevormd wordt.

In de formule $h = -\ H\ \frac{f}{a-f}$ (§ 63), $a$ iets kleiner dan $f$ nemende, zal $h$ positief en grooter dan H worden, en zich dus een vergroot recht schijnbeeld van het voorwerp vóór de lens vormen (fig. 28), terwijl de waarde van $h$ grooter zal zijn, naarmate het verschil $a-f$ kleiner is, dus, naarmate de afstand $a$ van het voorwerp tot de lens, de brandpuntsafstand $f$ nadert.

Door de *vergrooting* van loupen of microscopen verstaat men de lineaire verhouding die er bestaat tusschen beeld en voorwerp. Die vergrooting V noemende, is derhalve $V = \frac{h}{H}$.

In fig. 28 het oog ergens bijv. in F achter de lens, en het voorwerp even binnen den brandpuntsafstand geplaatst denkende, zal, indien de afstand van duidelijk zien, waarop het beeld gevormd wordt, D, en de afstand OF van het oog achter de lens $d$ genoemd wordt, $OC' = a_{II} = D-d$ zijn.

Maar de brandpuntsafstand gelijk $f$ stellende, is, daar $a_{II}$ hier negatief is, $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{a_{II}}$, en daar, zooals vroeger gevonden werd, $\frac{h}{H} = \frac{a_{II}}{a} = V$ is,

zal $V = a_{II}\ (\frac{1}{f} + \frac{1}{a_{II}}) = \frac{a_{II}}{f} + 1 = \frac{D-d}{f} + 1$ zijn.

De waarde van V zal dus toenemen naarmate $d$ — dat is de afstand van het oog tot de lens — afneemt; het is dus voordeelig eene loupe zoo dicht mogelijk voor het oog te plaatsen.

Wordt $d$ = nul, dan wordt $V = \frac{D}{f} + 1$.

Wordt $d = f$ genomen, dan wordt $V = \frac{D-f}{f} + 1 = \frac{D}{f}$.

De vergrooting van eene loupe zal dus — daar de brandpuntsafstand der lens steeds zeer klein moet zijn — ten naastenbij gelijk zijn aan den afstand van duidelijk zien, gedeeld door den brandpuntsafstand.

D verschilt echter, zooals reeds aangestipt werd, voor ieder

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

oog; de vergrooting der lens zal dus ook niet voor ieder persoon dezelfde zijn.

§ 80. Bij enkele meetinstrumenten wordt als hulpmiddel tot het aflezen van randverdeelingen een losse loupe gebezigd, zooals in fig. 32 voorgesteld wordt; de lens A is dan in een zwart hoornen kokertje B gevat.

Voor sterke vergrootingen bedient men zich van lenzen met zeer korten brandpuntsafstand. Door de grootere kromming van het brekend oppervlak wordt dan echter de afwijking wegens bolvormigheid hinderlijk. Men kan daaraan tegemoet komen door eene inrichting, voorgesteld in fig. 33, bestaande uit een cylindervormigen koker AA aan het bovenvlak van eene oogopening *o* voorzien, terwijl de lens O op brandpuntsafstand van die oogopening in het ondervlak aangebracht is. Tusschen de lens en de oogopening is dan in den koker een ringvormig scherm (diaphragma) B geplaatst, ten einde de meestbrekende en kleuren vertoonende randstralen op te vangen. De koker, die inwendig zwart gemaakt is, om weêrkaatsing der lichtstralen op de wanden te voorkomen, is verder door een ring C — waarin hij in de richting zijner lengteas verschoven kan worden — omklemd, welke met een gebogen stang D aan den verdeelden rand bevestigd is.

Door het diaphragma wordt niet alleen de lichtsterkte verzwakt, doch ook het deel van het beeld dat men zien kan, d.i. het *gezichtsveld*, aanmerkelijk verkleind.

§ 81. Beter slaagt men er in sterke vergrootingen bij zuivere omtrekken te verkrijgen, door twee verzamelende lenzen voor elkander te plaatsen. Zulk een samenstel wordt *dubbel vergrootglas* of *doublet* genoemd. Onderzoekingen hebben geleerd, dat men de scherpste beelden krijgt, indien men twee platbolle lenzen met de bolle zijden naar elkander keert.

§ 82. Dergelijke stelsels van enkele of dubbele lenzen (in een buisje gevat en in een standaard bevestigd, op de wijze als in fig. 33 aangegeven), waarbij het voorwerp zich even binnen den brandpuntsafstand van het stelsel bevindt en waardoor onmiddellijk een vergroot rechtopstaand schijnbeeld verkregen wordt, worden ook wel met den naam van] *enkelvoudige microscopen* bestempeld, ter onderscheiding van de *samengestelde microscopen*,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

die in den regel meer dan twee lenzen bevatten, en waarbij het voorwerp van de eerste of objectieflens verwijderd is op een afstand iets grooter dan de brandpuntsafstand dier lens, waardoor eerst een omgekeerd werkelijk beeld ontstaat, dat door het oculair tot een vergroot schijnbeeld gevormd en bekeken wordt. Zulk een samengesteld microscoop zullen we later, ook wat betreft de eigenaardige samenstelling en het bijzonder doel, leeren kennen bij een repetitietheodoliet van *Hildebrand en Schramm* (§ 148).

## V. De kijkers.

§ 83. Kijkers worden gebezigd, om van veraf gelegene voorwerpen, die het ongewapende oog niet goed meer kan onderscheiden, scherpe beelden te vormen op den afstand van duidelijk zien.

Het bloote oog kan een voorwerp niet scherp meer zien, wanneer het te ver van den waarnemer verwijderd is; de hoeveelheid licht, die er van tot het oog komt is dan te gering, en de gezichtshoek, waaronder de verschillende deelen van het voorwerp gezien worden is te klein geworden.

De inrichting der kijkers beoogt dan ook het vermeerderen der hoeveelheid licht, die van het voorwerp in het oog komt — *vermeerdering van helderheid* —, en het vergrooten van den gezichtshoek, waaronder het beeld, op den afstand van duidelijk zien voor het oog wordt waargenomen — *vergrooting*.

§ 84. Door de *vergrooting* van een kijker verstaat men dan ook de verhouding tusschen de gezichtshoeken, waaronder het bloote en het met een kijker gewapende oog eenig voorwerp zien.

Zij bijv. $AOB = \alpha$ (fig. 34) de hoek, waaronder het bloote oog O een voorwerp ziet, dan zal datzelfde voorwerp, door eene lens CD waargenomen, zich onder den vergrooten gezichtshoek $COD = \alpha'$ vertoonen.

De lijnen OA en OB zijn de uiterste, die van het voorwerp AB in het oog vallen; zoodra er nu tusschen het oog en het voorwerp een lens of wel een samenstel van lenzen (een kijker) geplaatst wordt, zal dat voorwerp ook nog volgens de richtingen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

AC en BD stralen naar de lens zenden. Deze stralen zullen na breking volgens de richtingen CO en DO uittreden en zich wederom in het oog vereenigen onder den gezichtshoek COD, die blijkbaar grooter is dan de gezichtshoek AOB, waaronder aanvankelijk het voorwerp met het bloote oog gezien werd.

De vergrooting van een kijker, die hier gemakshalve door een enkele lens werd voorgesteld, wordt uitgedrukt door de verhouding dier hoeken, of $\frac{\alpha'}{\alpha}$.

§ 85. De *vermeerdering der helderheid*, door een kijker verkregen, wordt bepaald door de verhouding tusschen de hoeveelheden licht, die van eenig met en zonder kijker waargenomen voorwerp tot het oog komen, gedeeld door de tweede macht der vergrooting.

De hoeveelheid licht, uit een punt A van eenig voorwerp (fig. 35) in het bloote oog komende, hangt, behalve van den afstand en de lichtsterkte van het voorwerp, af van de oogopening, hier pupilopening, BB′.

Wanneer men tusschen het voorwerp en het oog wederom een lens of een samenstel van lenzen brengt, dan blijft de afstand en lichtsterkte dezelfde, maar lichtstralen AC en AC′, die aanvankelijk niet in het oog kwamen, worden nu na breking door een kijker — hier eenvoudigheidshalve door de lens DD′ voorgesteld — nog in het oog gebracht. De hoeveelheden licht, die in beide gevallen van een punt van het voorwerp tot het oog komen, staan derhalve tot elkander als de lichtkegels, wier tophoeken BAB′ en CAC′ zijn.

De inhouden dier lichtkegels verhouden zich echter nagenoeg als hunne grondvlakken, of als de tweede macht van de middellijnen dezer cirkels.

De middellijn der pupil van het oog $BB' = a$ en de middellijn van de opening der lens $CC' = b$ stellende, is dus de vermeerdering van het uit het punt A komende licht $\frac{b^2}{a^2}$.

Het oppervlak van het, door de lens van eenig voorwerp gevormde beeld verhoudt zich echter tot het oppervlak van dat voorwerp als de tweede macht der vergrooting tot de eenheid. De middellijnen der besprokene oppervlakken $h$ en H

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

(de lineaire afmetingen van beeld en voorwerp) stellende, is oppervl. beeld : oppervl. voorwerp $= O' : O = h^2 : H^2$ en daar de vergrooting van een, door een lens gevormd beeld van eenig voorwerp gevonden werd als $V = \frac{h}{H}$ (§ 79), is $\frac{O'}{O} = V^2$.

De grootere hoeveelheid licht $\frac{b^2}{a^2}$, van het voorwerp ontvangen, verdeelt zich echter ook over het grootere oppervlak van het beeld; de helderheid van dit beeld zal dus gelijk zijn aan $\frac{b^2}{a^2 V^2}$.

Is de vergrooting V eener lens sterker, dan zal ook $b$ — zijne middellijn — moeten afnemen. *Bij het toenemen der vergrooting zal derhalve de helderheid sterk verminderen.*

Het van een voorwerp uitgaande licht zal echter bovendien bij de breking door een kijker in sterkte verminderen, gedeeltelijk door de opslurping van het licht bij den doorgang door de nimmer volkomen doorzichtige lenzen, gedeeltelijk door de niet geheel en al weg te nemen onregelmatige breking van een gedeelte der lichtstralen.

§ 86. De ruimte welke door een kijker te gelijkertijd overzien kan worden noemt men het *gezichtsveld* van den kijker.

Dit veld wordt bepaald door den hoek, dien het grootste, nog door den kijker waar te nemen voorwerp voor het bloote oog onderspant.

§ 87. De kijkers bestaan òf alleen uit *lenzen*, òf uit eene vereeniging van *lenzen en spiegels*, welke samenstellende deelen onderling door koperen cylindervormige buizen verbonden zijn. De eerste soort noemt men *dioptrische* kijkers of *refractors*, de tweede *katadioptrische* kijkers of *reflectors*.

Bij de topographische metingen bedient men zich slechts van dioptrische kijkers; bij astronomische waarnemingen zijn echter ook katadioptrische kijkers in gebruik.

§ 88. De *dioptrische* kijkers worden wederom verdeeld in *hemelsche (astronomische)* en *aardsche (terrestrische)*, onderling slechts verschillend door het aantal der lenzen en den stand van het beeld. Bij de verschillende meetinstrumenten wordt meestal de *astronomische*, slechts bij uitzondering de *terrestrische* kijker aangebracht.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 89. In zijne eenvoudigste gedaante bestaat de *astronomische* kijker — ook wel dien van *Kepler* genoemd — uit twee verzamelende lenzen.

De lens, welke naar het voorwerp gekeerd is, noemt men de *voorwerp-*, of *objectieflens*, die aan de zijde van het oog — *de oog-* of *oculairlens*.

In plaats van eene gewone lens als objectieflens maakt men in den regel gebruik van een aplanatische lens met grooten brandpuntsafstand, waardoor dus afwijking wegens straalbreking en wegens kleurschifting zooveel mogelijk voorkomen wordt. Deze lens is aan het vooreinde van eene koperen cylindervormige buis geplaatst, welke den naam draagt van *objectief-*, of *kijkerbuis*.

De ooglens — eene aplanatische — is aan het achtereinde van eene cylindervormige koperen buis — *oculair-* of *oogbuis* geheeten — bevestigd.

Beide buizen kunnen in en uit elkander geschoven worden, waardoor de daarin bevestigde lenzen naar elkander toegebracht of van elkander verwijderd worden.

Plaatst men de ooglens zoodanig ten opzichte der voorwerplens, dat het door deze gevormde omgekeerde luchtbeeld van het voorwerp zich even binnen den brandpuntsafstand der ooglens bevindt, dan zal, na de breking door deze laatste lens, van dat eerste beeld een vergroot omgekeerd schijnbeeld gevormd worden.

De optische assen van de oculair- en van de objectieflens van den kijker moeten in ééne rechte lijn gelegen zijn, welke men *de optische as* van den kijker noemt; die assen zullen bij de verplaatsing der oogbuis ten opzichte der objectiefbuis tevens in die zelfde lijn moeten blijven.

De as der objectiefbuis draagt den naam van *mechanische as* van den kijker, en dient met zijne optische as samen te vallen.

Zij fig. 36 eene afbeelding van de plaatsing der lenzen in den kijker, dan zal, wanneer het waar te nemen voorwerp AB op een grooten afstand OC van de voorwerplens DD geplaatst is, het door deze lens van het voorwerp gevormde omgekeerde luchtbeeld A′B′ eenigszins achter, doch niet ver van het brandpunt F der lens gevormd worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Is het voorwerp op zoo grooten afstand verwijderd, dat de daarvan uitgaande stralen als onderling evenwijdig kunnen beschouwd worden, dan zullen deze stralen zich na de breking door de voorwerplens juist in het brandpunt F tot een omgekeerd luchtbeeld vereenigen.

Plaatst men nu de oogbuis en derhalve de ooglens zoodanig ten opzichte der voorwerplens, dat het beeld A′B′ iets binnen het brandpunt F′ der ooglens valt, dan zal voor het oog van den in P geplaatsten waarnemer, in C″ een vergroot omgekeerd schijnbeeld A″B″ van het voorwerp AB ontstaan. Is derhalve een voorwerp op oneindigen afstand van den waarnemer verwijderd, dan zal, om daarvan een duidelijk beeld te kunnen verkrijgen, de onderlinge afstand OO′ der beide lenzen nagenoeg gelijk moeten zijn aan de som der brandpuntsafstanden of $f + f'$.

Ten einde den kijker zuiver in de richting van eenig voorwerp te kunnen stellen, worden er gewoonlijk op de plaats, waar zich het beeld van het voorwerp door de voorwerplens vormt, twee elkander kruisende draden zoodanig in aangebracht, dat hun kruispunt zoo nabij mogelijk in de optische as van den kijker gelegen is.

Deze draden worden op een diaphragma gespannen, dat of in de vaste buis van het objectief, òf in de beweegbare oogbuis bevestigd is.

De ooglens geeft dan zoowel van het, door de voorwerplens gevormde luchtbeeld als van de kruisdraden zelve, vergroote schijnbeelden, welke op den afstand van duidelijk zien van den waarnemer te zamen gebracht moeten worden.

Daar het beeld van het voorwerp door de voorwerplens niet steeds op dezelfde plaats in den kijker gevormd wordt, doch deze plaats afhankelijk is van de verwijdering van het waar te nemen voorwerp, zoo zullen de, van dit beeld en van de kruisdraden door de ooglens gevormde, vergroote schijnbeelden voor het oog niet altijd dadelijk samenvallen.

Zijn de kruisdraden in de objectiefbuis bevestigd, dan moet de voorwerplens ten opzichte dier draden kunnen verplaatst worden, ten einde het door die lens te vormen beeld juist op de plaats in den kijker te kunnen brengen, waar zich de kruisdraden bevinden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bracht men namelijk het door de voorwerplens gevormde beeld niet juist op de plaats waar de kruisdraden zijn, dan zouden de door de ooglens, zoowel van het beeld van het voorwerp als van de kruisdraden gevormde, vergroote schijnbeelden niet beiden even duidelijk kunnen gezien worden, daar zij zich niet op denzelfden afstand van het oog zouden bevinden. Bij het op en neder bewegen van het oog achter de ooglens zouden de beide beelden zich over elkander heen schijnen te bewegen, welke schijnbeweging *verschilzicht* of *parallax* genoemd wordt.

Het brengen van het door de voorwerplens gevormde beeld juist op de plaats waar de kruisdraden zich bevinden, noemt men *het corrigeeren van de parallax*. Zijn de kruisdraden echter in de verschuifbare oogbuis, en dus even binnen het brandpunt der ooglens bevestigd, dan zal het door de voorwerplens van het voorwerp gevormde beeld, dat ook op dezelfde plaats gebracht moet worden, bij de vergrooting door de ooglens steeds met het beeld der kruisdraden samenvallen.

Men dient echter de kruisdraden in dat geval toch nog eenigszins ten opzichte der ooglens te kunnen verplaatsen, om hun beeld op den afstand van duidelijk zien te brengen.

Zooals vroeger reeds werd vermeld, wordt voor de vergrooting van kijkers altijd genomen de verhouding der gezichts hoeken *met* en *zonder* kijker, waaronder veraf gelegen voorwerpen gezien worden. Die vergrooting wordt voor den zooeven beschreven kijker als volgt gevonden.

Volgens fig. 36 is, daar F en F′ nagenoeg moeten samenvallen, $B'C' = f$ tang $B'OC' = f'$ tang $B'O'C'$, waarin $f$ de brandpuntsafstand van de objectieflens en $f'$ die van de oculairlens is. Daar de hoeken $B'OC'$ en $B'O'C'$ zeer klein zijn, en men dus voor hunne tangenten de hoeken zelve mag nemen, verkrijgt men uit de laatste vergelijking:

$$\frac{B'O'C'}{B'O\,C'} = \frac{f}{f'}, \text{ dus ook } \frac{B'O'A'}{B'O\,A'} = \frac{f}{f'}.$$

$B'OA'$ nu, is — wanneer men de lengte van den kijker, welke in vergelijking met den afstand van het voorwerp uiterst gering is, gelijk nul stelt — de gezichtshoek, waaronder

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het voorwerp door het ongewapende oog gezien wordt, terwijl $B'O'A' = B''O'A''$ den gezichtshoek voorstelt, waaronder het door den kijker gevormde beeld zich aan het oog vertoont.

De vergrooting van den kijker V stellende is derhalve $V = \frac{f}{f'}$.

Hoe kleiner de brandpuntsafstand $f'$ van de oculairlens is, des te grooter zal voor dezelfde objectieflens de vergrooting zijn. Ten einde het gezichtsveld niet te klein te doen worden, moet die brandpuntsafstand echter binnen zekere grenzen blijven.

De hoeveelheid licht, die op het vergroote beeld $A''B''$ valt, wordt uitgedrukt door de verhouding der tweede machten van de middellijnen $b$ der voorwerplens en $a$ der oogopening. De helderheid van den kijker is, zooals vroeger verkregen werd $\frac{b^2}{a^2 V^2}$ (§ 85), en daarin $\frac{f}{f'} = V$ overbrengende $\frac{b^2}{a^2}\frac{f'^2}{f^2}$.

Het gezichtsveld van den kijker is afhankelijk van de grootte der ooglens $D'D'$, daar de grootte van het grootst-mogelijke, door den kijker waar te nemen, voorwerp bepaald wordt door de uiterste stralen $AOD'$ en $BOD'$, welke van uit twee tegenoverstaande punten van den rand der ooglens door het midden der voorwerplens getrokken kunnen worden.

De lengte van den kijker buiten rekening gelaten, begrenst dus de hoek $D'OD' = AOB$ het gezichtsveld.

Stelt men de middellijn der ooglens $= C$, zoo is, aangezien $\angle D'OD'$ zeer klein is, en men dus $\frac{D'D'}{OO'} = \frac{D'D'}{f+f'}$ als de tangens van dezen hoek kan beschouwen, $\angle D'OD' = \frac{C}{f+f'}$.

Het juiste punt P, waarop het oog achter de ooglens dient geplaatst te worden, ten einde de gebrokene stralen te kunnen opvangen, is gelegen in het verlengde der optische as van den kijker, daar waar de van het voorwerp AB komende, door het midden der voorwerplens gaande, stralen na breking door de ooglens die verlengde as zullen snijden.

§ 90. Door het oculair van een kijker niet uit ééne lens — al is deze eene samengestelde — te doen bestaan, maar het uit twee of meer, op eenigen afstand van elkander geplaatste lenzen van

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

verschillende krommingen en brandpuntsafstanden samen te stellen, verkrijgt men, bij mindere afwijking wegens bolvormigheid, meerdere helderheid en een grooter gezichtsveld; terwijl bovendien bij eene goede keuze der brandpuntsafstanden en krommingen dier lenzen, de kleurschifting aanmerkelijk verminderd, en dus de scherpte der beelden vermeerderd wordt.

Bij de astronomische kijkers worden hoofdzakelijk twee soorten van *samengestelde oculairen* — ieder uit twee lenzen bestaande — gebezigd, welke naar hunne ontwerpers de namen dragen van oculair van *Huijgens* of *Campani*, en dat van *Ramsden*.

De beide lenzen, te zamen het oculair vormende, zijn wederom zoodanig in eene oogbuis samengevat, dat hunne optische assen in ééne rechte lijn vallen. Het geheele oculair kan, naarmate van de verwijdering der waar te nemen voorwerpen, door in- en uitschuiving der oogbuis in de objectiefbuis, dichter bij of verder van de voorwerplens gebracht worden. Gedurende deze beweging moet de optische as van de oculair- met die van de objectieflens blijven samenvallen.

§ 91. Fig. 37 stelt den stand der lenzen voor, bij een oculair van Huijgens of Campani.

De beide lenzen D′D′ en D″D″ zijn planconvex, en met hunne bolle zijden naar de voorwerplens gekeerd. De het dichtst bij de voorwerplens geplaatste lens D′D′ draagt den naam van *veld-* of *collectieflens*, en wordt binnen den brandpuntsafstand $f$ der voorwerplens geplaatst.

De stralen, door de voorwerplens van een op oneindigen afstand geplaatst voorwerp AB komende, zullen dus door de veldlens opgevangen worden, vóórdat zij zich in het brandpunt F der voorwerplens tot een luchtbeeld A′B′ vereenigen.

Deze stralen nu worden door de veldlens tot een verkleind luchtbeeld A″B″ samengedrongen, dat zich binnen het brandpunt F″ der tweede of ooglens moet vormen, om na de breking door deze lens een vergroot omgekeerd schijnbeeld A‴B‴ op den afstand van duidelijk zien te kunnen doen ontstaan.

De brandpuntsafstand der veldlens is bij dit oculair driemaal grooter dan die der achterste of *ooglens*, of, $f'$ en $f''$ de brandpuntsafstanden der veld- en ooglenzen voorstellende, is $f' = 3\,f''$, terwijl de onderlinge afstand der lenzen $2\,f''$ bedraagt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het gezichtsveld en de helderheid van den kijker worden door de toevoeging van de veldlens aanzienlijk vermeerderd, daar de ooglens nu nog stralen van het voorwerp opvangt, en in het oog brengt, welke bij de aanwending van eene enkele, en dus kleine ooglens, zouden zijn verloren gegaan.

De vergrooting is echter door het samendringen van het beeld door de veldlens eenigszins minder dan die, door den hiervoren beschreven eenvoudigsten astronomischen kijker verkregen.

Wil men bij dezen laatsten kijker door de ooglens geen al te groote afwijkingen wegens bolvormigheid doen ontstaan, dan dient men, zooals vroeger reeds aangetoond werd, hare middellijn zeer klein te nemen, waardoor het gezichtsveld van den kijker zeer beperkt wordt.

De voordeelen van een grooter gezichtsveld en meerdere helderheid, aan het oculair van *Huijgens* verbonden, wegen dan ook ruimschoots op tegen het geringe verlies aan vergrooting.

Bestaat het objectiefglas van een' kijker *niet* uit eene achromatische lens, dan kan men, door eene geschikte keus van de plaats en den brandpuntsafstand der veldlens, de kleurschifting toch zeer verminderen. De door verschillend gekleurde stralen op verschillende afstanden van de voorwerplens gevormde beelden worden dan door de veldlens zoodanig samengedrongen, dat zij juist begrepen zijn tusschen de twee uiterste stralen, die van het vergroote beeld naar het oog gaan. Zij zullen elkander daardoor volkomen bedekken, en uit hunne samenvoeging zal een achromatisch beeld ontstaan.

Daar de kruisdraden moeten komen ter plaatse, waar zich het werkelijk beeld A″B″ bevindt, komen zij bij een oculair van Huijgens nagenoeg midden tusschen de twee lenzen, een weinig meer naar de zijde der ooglens, te staan.

Iedere waarnemer voor zich zal echter het beeld der kruisdraden op den afstand van duidelijk zien moeten brengen; dit geschiedt door eene kleine verschuiving van den kruisdradenring (diaphragma) ten opzichte van de ooglens, of van deze ten opzichte der kruisdraden.

§ 92. Het oculair van *Ramsden* bestaat, evenals dat van *Huijgens* of *Campani*, uit twee planconvexe lenzen, doch wijkt in hare

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

samenstelling in zooverre van dit laatste oculair af, dat de veldlens de bolle zijde naar de ooglens keert, waardoor de beide, het oculair samenstellende lenzen de bolle zijden naar elkander wenden.

Het, door de voorwerplens DD in haar brandpunt F gevormde, omgekeerde luchtbeeld A′B′ (fig. 38) van een op oneindigen afstand verwijderd gedacht voorwerp AB ontstaat dicht voor de veldlens D′D′ tusschen haar brandpunt F′ en de lens in, waardoor daarvan een slechts eenigszins vergroot omgekeerd schijnbeeld A″B″ gevormd wordt. Van dit laatste beeld, even binnen het brandpunt F″ der ooglens D″D″ vallende, geeft deze lens een zeer vergroot omgekeerd schijnbeeld A‴B‴ op den afstand van duidelijk zien.

De brandpuntsaftanden van de veld- en van de ooglens $f'$ en $f''$ verhouden zich bij dit oculair als 9 tot 5, terwijl de afstand dier lenzen onderling $4/5\ f''$ bedraagt.

De vergrooting van dit oculair is bij even groote ooglenzen eenigszins sterker dan die van den eenvoudigsten astronomischen kijker. De helderheid en het gezichtsveld zijn echter belangrijk minder dan bij het oculair van Huijgens.

Evenals bij dit laatste oculair kan de door eene niet aplanatische voorwerplens ontstaande kleurschifting in het beeld weggenomen worden, door de veldlens zoodanig aan te brengen, dat de verschillende door de voorwerplens van het voorwerp gevormde achter elkander gelegen gekleurde beelden, na de breking door de veldlens, elkander bedekken, en daardoor tot één kleurloos beeld samenvloeien.

De kruisdraden worden bij het oculair van *Ramsden* weder ter plaatse, waar zich het werkelijke beeld in den kijker vormt, dus even vóór de veldlens, binnen den brandpuntsafstand der ooglens, in de beweegbare oogbuis bevestigd.

Deze plaatsing der kruisdraden heeft het voordeel, dat ook het beeld dier draden geheel van kleurschifting bevrijd is, hetgeen bij het oculair van *Huijgens*, waarbij het beeld der kruisdraden slechts door de ooglens gevormd wordt, niet geheel het geval is.

Het *Ramsdensche* oculair is daarenboven vooral te verkiezen boven een oculair van *Huijgens*, wanneer de kijker moet dienen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

als vizierinrichting. Het werkelijk beeld en dus ook het dradennet staan toch bij het oculair van *Ramsden* geheel buiten het oculair, bij dat van *Huijgens* daarentegen tusschen de beide lenzen van het oculair in. In het eerste geval kunnen dus de draden vast aan den kijker verbonden worden, waardoor de stand van de vizierlijn verzekerd is, terwijl in het tweede geval de draden in de verschuifbare buis van het oculair moeten aangebracht worden, die moeilijk zoo zuiver bewerkt kan worden, dat bij het in- en uitschuiven het dradennet en daarmede de vizierlijn geen zijdelingsche verplaatsing ondergaat.

§ 93. De tot nu toe behandelde inrichtingen der kijkers gaven allen een omgekeerd beeld van het waargenomen voorwerp. In sommige gevallen is het echter een groot gerief voor den waarnemer, het beeld in den zelfden stand te zien als het voorwerp.

Het bij den astronomischen kijker gevormde, omgekeerde, vergroote beeld wordt daartoe, door aan den kijker nog *een* of *twee* lenzen toe te voegen, in een recht, vergroot beeld veranderd. Een aldus samengesteld kijker wordt een *aardsche* of *terrestrische* kijker genoemd.

Men kan het beoogde doel — het omkeeren van het door den astronomischen kijker gevormde beeld — op de eenvoudigste wijze bereiken, door tusschen het oculair en de voorwerplens een verzamelende lens aan te brengen. Deze zal het omgekeerde beeld, door het objectief voortgebracht, in een recht beeld veranderen, en het bij de verschillende oculairen op de plaats brengen, waar zich bij de vroeger beschrevene astronomische kijkers het door de voorwerplens gevormde omgekeerde beeld van het voorwerp bevond.

Het door het objectiefglas DD gevormde, omgekeerde beeld $A'B'$ (fig. 39) moet daartoe buiten het brandpunt $F'$ der omkeerende lens $D'D'$ gelegen zijn. Het rechte beeld $A''B''$ wordt daarna op de gewone wijze door het enkelvoudige of samengestelde oculair $D''D''$ tot een beeld $A'''B'''$ vergroot.

Gewoonlijk bevat echter de aardsche kijker behalve het objectief nog vier planconvexe lenzen (fig. 40), waarvan de twee het meest nabij de voorwerplens gelegene hunne bolle, de beide andere daarentegen hunne platte zijde naar den waarnemer keeren.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De beide voorste lenzen (de objectieflens niet medegerekend) hebben gelijke brandpuntsafstanden, en dienen tot de omkeering van het door de voorwerplens gevormde, omgekeerde beeld, en zijn gewoonlijk in een afzonderlijk koperen buisje gevat, hetwelk aan de binnenzijde van de oogbuis is vastgeschroefd, terwijl de beide achterste lenzen, te zamen een oculair van *Huijgens* vormen.

Door afschroeving van het koperen buisje, waarin de beide voorste lenzen van het oculair zijn gevat, kan men derhalve desgewenscht gemakkelijk den aardschen in een hemelschen kijker veranderen.

De eerste omkeerende lens Q wordt zoodanig geplaatst, dat haar brandpunt $q$ met het door de voorwerplens DD gevormde, omgekeerde luchtbeeld A′B′ samenvalt. De nu van dat omgekeerde beeld uitgaande, en door Q gebroken en evenwijdig uittredende stralenbundels, worden door de tweede, omkeerende lens R opgevangen, en zouden zich tot een recht luchtbeeld vereenigen, ware het niet, dat de vereeniging wordt voorkomen door de tusschenstaande veldlens S van het oculair van *Huijgens*, dat door die veldlens de stralen eerst tot een verkleind, recht luchtbeeld A″′B″′ samendringt, en ten slotte door de ooglens T een vergroot, recht schijnbeeld $A^{iv}B^{iv}$ op den afstand van duidelijk zien geeft (§ 91).

De brandpuntsafstanden $q$, $r$, $s$ en $t$ der lenzen Q, R, S en T verhouden zich bij een dergelijken, door *Secretan* samengestelden kijker als de getallen 10, 11, 12 en 9, terwijl, voor de afstanden tusschen die lenzen opvolgend $d$, $d'$ en $d''$ stellende, $d = \frac{2}{3}(q+r)$, $d' = \frac{1}{2}(q+r+s+t)$ en $d'' = \frac{2}{3}(s+t)$ zijn.

Deze kijkers munten uit door hun groot gezichtsveld en de scherpte hunner beelden.

Daar zich in den aardschen verrekijker bij A′B′ en bij A″B″ werkelijke beelden vormen, moeten de kruisdraden worden aangebracht, hetzij in A′B′, hetzij in A″′B″′.

De laatste plaatsing is de meest gebruikelijke, doch de kruisdraden moeten dan zoodanig ten opzichte van de ooglens verschoven kunnen worden, dan wel de ooglens ten opzichte der kruisdraden, dat het beeld ervan op den afstand van duidelijk zien gevormd wordt.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 94. Stelt men een kijker samen uit een verzamelende voorwerplens DD en een verspreidende ooglens D′D′ (fig. 41), dan zullen die beide lenzen nagenoeg op den afstand $f—f'$, het verschil hunner brandpuntsafstanden, van elkander geplaatst moeten worden.

Het voorwerp AB wederom op oneindigen afstand van den waarnemer geplaatst denkende, zal het luchtbeeld A′B′ daarvan, door de verzamelende voorwerplens juist in haar brandpunt F gevormd worden.

Vangt men echter de door de voorwerplens gebrokene lichtstralen op vóórdat zij een beeld vormen, en wel zoodanig, dat de afstand O′F, waarop de verspreidende lens binnen het brandpunt der voorwerplens geplaatst wordt, grooter is dan de brandpuntsafstand $f'$ dier verspreidende lens, dan zal, wanneer men het oog in O′ achter die ooglens plaatst, een vergroot doch recht schijnbeeld A″B″ van het voorwerp worden waargenomen.

De lengte van dezen kijker, welke naar *Galileï* genoemd wordt, doch ook wel den naam draagt van *Hollandschen kijker*, is zeer gering.

De vergrooting blijft evenals bij den eenvoudigsten astronomischen kijker $\frac{f}{f'}$. Het gezichtsveld is evenwel zeer klein, waaraan men kan tegemoet komen door het oog vlak achter de ooglens te brengen, en deze lens eene groote opening te geven, zoodat de gelegenheid bestaat, om, het oog daarachter op en neer bewegende, de anders verloren gaande, uiteenloopende stralen van het beeld A″B″ nog op te vangen; aldus wordt een grooter gezichtsveld omvat.

§ 95. Twee dergelijke kijkers, op den afstand der beide oogen aan elkander verbonden, vormen de zoogenaamde *jumelles* en *binocles*, de eersten voor veld-, en de laatsten voor tooneelgebruik bestemd.

Bij deze jumelles en binocles worden echter de oculair- en objectieflenzen door eene samenvoeging van meerdere lenzen zooveel mogelijk van kleurschifting bevrijd, en wordt verder door het aanbrengen in het oculair van *periscopische lenzen* (fig. 25, de lenzen E en F) ook het gezichtsveld aanzienlijk vergroot.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Deze aldus verbeterde kijkers bezitten bij eene geringe kijkerlengte eene voldoende vergrooting, alsmede eene zeer groote helderheid en een ruim gezichtsveld.

§ 96. Fig. 42 en 43 stellen doorsneden voor over het achterste gedeelte van astronomische kijkers.

In fig. 42 is de kijker voorzien van een oculair van *Huijgens*, in fig. 43 is een oculair van *Ramsden* aangebracht.

In beide figuren stelt AB de oogbuis en CD de objectiefbuis voor. De oogbuis kan door de aan haar bevestigde getande staaf Z en het aan de objectiefbuis verbondene rondsel *t* voor- en achterwaarts bewogen worden.

De kruisdraden zijn in beide kijkers op het naar het oog gekeerde vlak van den metalen ring K aangebracht, terwijl die ring zelve aan een koperen afgeknotten kegel verbonden is.

Daar de *vizierlijn* bepaald wordt door het optisch middelpunt van het objectief en het kruispunt der kruisdraden, zoo moet om den stand der vizierlijn ten opzichte van de kijkerbuis te kunnen regelen, overeenkomstig het doel waartoe het instrument dient, aan een dier twee punten door middel van correctieschroefjes den juisten stand gegeven kunnen worden. Daartoe dienen de correctieschroefjes *a* en *a'*, *b* en *b'* (fig. 42, 43 en 44), welke hunne moeren in een aan de binnenzijde van de oogbuis bevestigden ring *e* hebben, en met hunne voetpunten tegen het mantelvlak van den koperen kegel rusten.

De schroefjes *a* en *a'* dienen om den stand van het diaphragma ten opzichte der kijkerbuis in verticalen, de schroefjes *b* en *b'* om dien stand in horizontalen zin te regelen.

Het kruispunt der draden kan derhalve: 1° door de beweging der oogbuis in de richting der optische as van den kijker, en 2° door middel der schroefjes *a* en *a'* en *b* en *b'* in een vlak loodrecht op die as bewogen worden. De eerste beweging dient om de kruisdraden met het door de voorwerplens gevormde beeld te doen samenvallen, de tweede om het kruispunt der draden in de optische as te kunnen brengen.

Bij het oculair van *Huijgens* (fig. 42) zijn de ringen K en *e* met de daaraan verbondene kruisdraden nog gezamenlijk verplaatsbaar in de richting der lengteas van den kijker, daar de gaatjes voor het doorlaten der schroefjes *a* en *a'*, *b* en *b'*

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

in den koperen cylinder der oogbuis niet cirkelvormig, doch eenigszins langwerpig zijn uitgesneden. Door deze beweging kan het beeld der kruisdraden op den afstand van duidelijk zien voor het oog van den waarnemer gebracht worden.

Bij het oculair van *Ramsden* (fig. 43) daarentegen zijn de beide lenzen van het oculair te zamen in een afzonderlijk cylindervormig koperen buisje EF gevat, zoodat hier het geheele oculair door verschuiving van dit buisje in de oogbuis zoodanig ten opzichte der kruisdraden kan worden geplaatst, dat het beeld ervan op den afstand van duidelijk zien voor het oog van den waarnemer gevormd wordt.

§ 97. Bij het richten met den kijker, dient men eerst na te gaan, of het beeld der kruisdraden zich juist op den afstand van duidelijk zien vóór het oog bevindt. Daartoe richte men den kijker op een helder gedeelte van den hemel, en verplaatse bij een oculair van *Huijgens* de kruisdraden zoolang ten opzichte der ooglens (fig. 42), of wel bij het oculair van *Ramsden* (fig. 43) het geheele oculair, zoolang ten opzichte der kruisdraden, totdat die draden zich als scherp geteekende, zwarte lijnen vertoonen. Vervolgens richt men den kijker op het voorwerp. Zoodra de richting eenigszins verkregen is, zoodat het beeld van het voorwerp zich in het veld van den kijker vertoont, zorgt men, door de oogbuis in haar geheel met behulp van het rondsel $t$ voor- of achteruit te bewegen, dat men ook het beeld van het voorwerp duidelijk te zien krijgt.

Valt het beeld van het voorwerp daarna niet samen met het beeld der kruisdraden, dan bestaat er parallax, die men dient weg te nemen door de beweegbare oogbuis AB zoolang in of uit de objectiefbuis CD te schuiven, dat beide beelden elkander volkomen bedekken.

Men ontdekt het bestaan van parallax, zooals vroeger reeds werd vermeld, door het oog achter de ooglens langzaam op en neder te bewegen, en na te gaan, of gedurende die beweging het snijpunt der kruisdraden hetzelfde punt van het voorwerp blijft bedekken. Schijnt dit snijpunt zich ten opzichte van het beeld van het voorwerp te verplaatsen, dan is er parallax, en zal men die op de aangegevene wijze dienen op te heffen. De oog- en objectiefbuizen moeten over hunne geheele lengte in-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

wendig dof zwart gemaakt worden, ten einde terugkaatsing van lichtstralen op de kijkerwanden te voorkomen.

§ 98. De randstralen der lenzen behooren geëlimineerd te worden door in den kijker de noodige ringvormige schermen (*diaphragmen*) aan te brengen.

De openingen dier diaphragmen moeten niet kleiner zijn dan de grootte van het beeld, dat daar ter plaatse gevormd wordt. Ook de ring, waarop de kruisdraden zijn bevestigd, is een diaphragma. De verschillende diaphragmen moeten zoodanig in den kijker geplaatst worden, dat de cirkelvormige openingen der schermen samenvallen met het mantelvlak van een afgeknotten kegel, welke de oogopening tot boven- en de objectieflens tot ondervlak heeft.

Ten einde de juiste grootte van de openingen der diaphragmen te beoordeelen, moet men zich overtuigen, of men, den kijker voor een verwijderd voorwerp gesteld zijnde, den uitersten rand der voorwerplens nog door de oogopening der oogbuis kan zien.

§ 99. Op blz. 60 werd voor het bepalen der vergrooting van den kijker de formule $V = \frac{f}{f'}$ gevonden. Zijn dus de brandpuntsafstanden van objectief en oculair bekend, dan is ook de vergrooting van den kijker te berekenen. Daar echter een kleine fout in den brandpuntsafstand van het oculair grooten invloed uitoefent op de waarde van het quotiënt $\frac{f}{f'}$, is het beter de vergrooting van den kijker empirisch te bepalen, door eene verdeelde baak gelijktijdig met het ongewapende oog en met den kijker waar te nemen. De verhouding der afmetingen van het met en zonder kijker waargenomen gedeelte der baak zal dan de vergrooting aangeven.

In plaats van de verdeelde baak kan men elk ander verwijderd voorwerp bezigen, dat op gelijke afstanden geplaatste deelpunten aanbiedt, bijv. een dak, waarop een voldoend aantal rijen pannen zichtbaar is.

Ook kan men de vergrooting vinden door, na den kijker eerst op een verafgelegen voorwerp scherp ingesteld te hebben, dezen naar een helder gedeelte van den hemel te richten, en

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het door de oogbuis gevormde beeld van den objectieflens op een fijn verdeeld stuk papier of matglas zoodanig op te vangen, dat dit beeld zich op het scherpst vertoont. De verhouding tusschen de middellijnen van de objectieflens en van zijn opgevangen beeld, bepaalt alsdan de vergrooting van den kijker.

§ 100. Het gezichtsveld van een kijker kan gemakkelijk geschat worden, door na te gaan hoeveel malen de middellijn van de zon, door den kijker gezien, in de middellijn van het gezichtsveld zelve is begrepen, de lengte der middellijn van de zon daarbij op ± 32′ 10″ aannemende. Ook kan men den tijd meten, welke een ster in de nabijheid van den aequator besteedt, om de middellijn van het veld te doorloopen; 4″ tijd is dan 1′ gezichtsveld.

§ 101. De helderheid van een kijker kan het best beoordeeld worden, door na te gaan, wat men nog van zeer ver verwijderde voorwerpen kan onderscheiden; vooral zijn groote drukletters, naambordjes van schepen, wijzerplaten op torens, en telegraafdraden, in het algemeen scherp begrensde, heldere, kleine voorwerpen daartoe geschikt. Voor groote kijkers is het ontleden van dubbelsterren eene uitmuntende proef.

§ 102. Wil men de afwijking wegens bolvormigheid en kleurschifting beoordeelen, dan dient men eenige op een wit bord aangebrachte, helder zwarte, regelmatige figuren, bijv. vierkanten of cirkels (fig. 45), op een afstand van ± 100 meters door den te beproeven kijker waar te nemen.

Bij dit onderzoek moet zoo scherp mogelijk ingesteld worden.

Vertoonen de beelden dier figuren zich, door den kijker gezien, niet regelmatig van vorm; verlengen zij zich in de eene of andere richting, wanneer men door den kijker voorzichtig te bewegen, het beeld naar den rand der voorwerplens brengt, of wel, blijft de kleur dier figuren niet gelijkmatig zwart, maar teekenen zich de grenzen daarvan lichter, of omgeven door roode, gele of groene randen af, dan bestaat in het eerste geval afwijking wegens bolvormigheid, in het laatste geval kleurschifting.

§ 103. Bij sommige instrumentsoorten is het noodig of wenschelijk, dat de vizierlijn van den kijker samenvalle met de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

mechanische as van dien kijker, m. a. w. dat het optisch middelpunt van het objectief en het kruispunt der kruisdraden in die mechanische as gelegen zijn. De kijker noemt men dan *gecentreerd*.

Is de kijker niet gecentreerd, dan kan dit drieërlei oorzaken hebben; immers van de beide punten hierboven genoemd, die de vizierlijn van den kijker bepalen (§ 59), kan het eerste wel, doch het tweede niet in de mechanische as van den kijker gelegen zijn of omgekeerd, het eerste niet en het tweede wel, terwijl ten derde het ook kan zijn, dat beide punten buiten de mechanische as liggen.

Was het optische middelpunt der voorwerplens *in* de mechanische as van den kijker, doch het snijpunt der kruisdraden daar *buiten* gelegen, dan zouden er bij eene wenteling van den kijker om die as verschillende richtlijnen ontstaan. Denken we ons n.l. den kijker gericht op een omstreeks 50 meter daarvan verwijderd, scherp begrensd, en goed verlicht punt, en daarna voorzichtig om zijne mechanische as gedraaid; blijft het kruispunt der draden bij die beweging op het aangepeilde punt gericht, dan bevindt het zich in de mechanische as; wijkt het daarentegen gedurende de omwenteling van het punt, waarop het was ingesteld, af, dan zal het niet in die as gelegen zijn, maar daarom een cirkel beschrijven.

Aannemende bijv. dat het kruispunt der draden zich in K buiten de mechanische as X bevindt (fig. 46), dan zal, wanneer de kijker op eenig scherp begrensd punt gericht, en dat punt dus door het kruispunt gedekt is, bij eene wenteling van den kijker om zijne mechanische is, dit kruispunt om die as een cirkel KK′K beschrijven, terwijl het beeld van het aangepeilde punt in K zal gebleven zijn.

Is de kijker juist 180° om zijne as gedraaid, dan zullen de kruisdraden *ab* en *cd* den stand *a′b′* en *c′d′* ingenomen hebben, en het kruispunt K′ den afstand KK′, gelijk aan de middellijn van den door dit punt beschreven cirkel, van zijnen eersten stand K verwijderd zijn.

Deze middellijn nu is gelijk aan den dubbelen afstand van het kruispunt K tot de as *x*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Om het kruispunt K in de mechanische as $x$ te brengen, zal men het derhalve slechts de helft van de afwijking KK′ dienen te verplaatsen.

Deze verplaatsing geschiedt door middel van de schroefjes $a$ en $b$, wanneer n.l. het afgeweken kruispunt na de wenteling weder in de verticaal van zijn eersten stand is gekomen; lag het echter oorspronkelijk met $x$ in eene horizontale lijn, zoodat het, na de wenteling van den kijker, ofschoon aan de andere zijde van $x$ toch in die lijn blijft, dan bedient men zich tot herstel der afwijking uitsluitend van de schroefjes $c$ en $d$.

Was het kruispunt oorspronkelijk noch in de verticaal noch in de horizontaal van $x$ gelegen, zoodat het ook na de wenteling daar buiten ligt, dan is beweging met de vier schroefjes $a$, $b$, $c$ en $d$ voor de correctie noodig.

Moet men het eene schroefje aandraaien, dan moet eerst het daar tegenoverstaande worden losgedraaid, en bij den astronomischen kijker zal men tevens in aanmerking moeten nemen, dat men met omgekeerde beelden te doen heeft. Zelden slaagt men er in bij de eerste verbetering het kruispunt juist in de mechanische as te brengen; de bewerking dient dan ook gewoonlijk herhaald te worden.

Wat betreft het 2$^{e}$ en 3$^{e}$ geval, waarbij het optisch middelpunt van het objectief buiten de mechanische as van den kijker gelegen is, valt op te merken, dat centreering van het optisch middelpunt van het objectief alleen door den instrumentmaker zou mogen ondernomen worden, en dus hier buiten beschouwing kan blijven. Bij kijkers afkomstig uit goede fabrieken zal trouwens dit gebrek zelden voorkomen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## HOOFDSTUK C.

## HULPMIDDELEN TOT HET AANDUIDEN DER WAAR TE NEMEN PUNTEN.

### I. De baken.

§ 104. Meestal is men verplicht de punten, welke men op het terrein wil bepalen, door een duidelijk zichtbaar voorwerp aan te geven.

Zijn die punten op korten afstand gelegen, dan maakt men daartoe gebruik van *baken*, d. z. stokken of latten, wier vorm en inrichting afwisselen naar het doel, waarmede de waarneming geschiedt.

§ 105. Stelt de waarnemer zich niet ten doel, om den afstand van het instrument tot de baak door waarneming op die baak te leeren kennen, (met instrumenten ingericht tot afstandmeter); is het ook niet noodig, om de hoogte van het punt der baak waarop gericht wordt, boven het voetpunt van de baak te meten, (zooals b. v. bij het waterpassen), dan kan men volstaan met ronde, rechte stokken van ongeveer 4 cM. dikte en 3 meter lengte. Deze stokken zijn veelal om den halven meter afwisselend rood en wit, of zwart en wit, geverfd, (fig. 47), ten einde ze zoowel bij een lichten als bij een donkeren achtergrond gemakkelijk te kunnen onderscheiden.

Om een juist aanpeilbaar punt te verkrijgen, en tevens om telkens, van elk nieuw standpunt uit, op hetzelfde punt der baak te kunnen richten, verbindt men aan de baak gewoonlijk een in vier vakken verdeeld bordje, dat door middel van een, aan zijn achtervlak bevestigden ring, om de baak geklemd wordt. Naarmate het vereischt wordt, kan

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

dit bordje, dat den naam draagt van *richtbordje*, door op- of nederschuiving langs de baak hooger of lager gesteld worden. In den regel stelt men het bordje zoo hoog boven het voetpunt der baak, als de hoogte bedraagt van de richtlijn van het instrument boven den grond.

De daarop aangebrachte vakken worden, ter betere afscheiding, afwisselend rood en wit, of zwart en wit gekleurd; het punt waar de vier vakken samenkomen, dient tot aanpeilingspunt.

Ten einde de plaats, waar de baak is opgesteld, op eenigen afstand gemakkelijk te kunnen herkennen, bevestigt men veelal een rood en wit vlaggetje aan het topeinde der baak (fig. 47).

Zoowel bij het waterpassen, als bij het gebruik van instrumenten, ingericht tot het meten van afstanden, worden nauwkeurig verdeelde baken gebezigd.

De inrichting dezer baken zal hierachter, bij de beschrijving van de samenstelling en het gebruik dier instrumenten, behandeld worden.

§ 106. De baak behoort op het waar te nemen punt rechtstandig opgesteld te worden, zoodat zij zooveel mogelijk over hare geheele lengte samenvalt met de verticaal van dat punt.

Wil men het standpunt van een baak later terug kunnen vinden, dan slaat men daar een houten piketpaaltje in den grond. Het boveneinde van het paaltje moet gelijk met den beganen grond zijn; ter betere herkenning van het aldus verzekerde punt wordt daarnaast dan wel eens een ander paaltje in den grond geslagen, waarop door een nummer of ander teeken het doel of de beteekenis van het eerste paaltje aangegeven wordt.

## II. De signalen.

§ 107. Voor punten, die van ver verwijderde plaatsen moeten waargenomen worden, en tevens van blijvende waarde zijn voor de opmetingen, zijn de voren beschreven baken niet voldoende meer.

Men richt op die punten signalen op, zijnde hooge stellingen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

— in Indië meestal van bamboe vervaardigd — van verschillende constructie, die door kleur, vorm, afmetingen, enz. enz. op grooten afstand zichtbaar zijn.

Is de afstand niet te groot, bijv. 3000 meter, dan kan men volstaan met op het punt een lange bamboe stevig in den grond te planten, die dan verder beter herkenbaar gemaakt wordt door het boveneinde te splijten en tot een korf (fig. 48) samen te vlechten of een ander zichtbaar teeken, bijv. een kruis, of iets dergelijks, er op te bevestigen.

Teekent een dergelijk signaal zich tegen den hemel af, dan is het met een kijker zelfs tot op 6 à 7000 meter afstand zichtbaar.

Projecteert het zich daarentegen op een donkeren achtergrond, bijv. van boomen, dan kan het, zelfs met het gewapende oog, niet verder dan tot op 3000 M. afstand worden waargenomen. Men zal echter in dat geval het onderkennen van het signaal nog kunnen vergemakkelijken, door den korf een lichte kleur te geven, hetzij door bij het vlechten de witte binnenzijde van de daartoe te bezigen bamboe naar buiten te keeren, hetzij door den korf aan de buitenzijde te witten met kalk, waarin zich tot betere aanhechting eene oplossing van lijm bevindt.

Vreest men daarmede nog niet te kunnen volstaan, zoo verdient het aanbeveling in den korf van het signaal een helder witte vlag te planten, die een eind boven den rand van den korf uitstekende, door haar gewapper, op 't oog van den waarnemer den indruk maakt van iets blinkends en daardoor de plaats van het signaal verraadt.

De bovenrand van den korf, of het punt waar de bamboe korf wordt, vormt in den regel geschikte richtpunten voor de waarnemingen. Soms bezigt men echter ook wel eene op instrumentshoogte boven den bodem aan de opstaande bamboe verbondene dwarslat, als aanpeilingspunt. Men zal zorg moeten dragen, het aanpeilingspunt van het signaal zooveel mogelijk juist boven het waar te nemen punt van het terrein te plaatsen. Door den grooten afstand, waarop de waarneming geschiedt, zullen zich echter geringe afwijkingen niet in de uitkomsten der metingen doen gevoelen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bij het grooter worden van de afstanden, waarop de waarnemer zich van het waar te nemen punt bevindt, zullen ook de afmetingen van het signaal moeten toenemen, ten einde het nog te kunnen onderscheiden.

§ 108. Bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* bedient men zich op groote afstanden meestal van signalen van de ondervolgende samenstelling.

Vier, vijf of zes bamboes (fig. 49) — al naar gelang van de grootte, die men aan het signaal wil geven — worden in een kring, eenigszins naar het midden overhellend, stevig in den grond geplant, zoodat zij bijv. op 2/3 hunner lengte in een bundel kunnen worden te zamen gebracht. In dit vereenigingspunt worden de bamboes stevig met rotan en een uit de vezels van den arèn-palm vervaardigd touw — gemoeti-touw-, of tali-doek geheeten — aan elkander gebonden.

Vervolgens wordt, zoowel boven als beneden het vereenigingspunt, een bamboezen vlechtwerk tegen de buitenzijde der bamboes aangebracht, zoodat het geheel den vorm van een zandlooper verkrijgt.

Ten einde het signaal helder te doen uitkomen, zoowel voor het geval dat het zich tegen den hemel, als dat het zich tegen een donkeren achtergrond afteekent, wordt bij het vlechtwerk beneden het vereenigingspunt de witte binnenzijde, en bij het vlechtwerk daarboven de donkere buitenzijde van de bamboe naar buiten gekeerd, terwijl dit laatste gedeelte soms nog met tali-doek, dat zwart is, omwonden wordt.

Als aanpeilingspunt dient bij deze signalen het vereenigingspunt der groote bamboes, dat dan ook door middel van een schietlood zooveel mogelijk juist boven het waar te nemen punt moet geplaatst worden.

Dit laatste punt wordt meestal aangegeven door een stevig houten paaltje, dat loodrecht in den bodem wordt geslagen, en waarvan de verticale as met het te bepalen punt moet samenvallen. Over eene lengte van ± 3/4 M. steekt het paaltje buiten den grond uit, zoodat het mogelijk blijft zoo noodig een instrument met zijn statief daarboven centrisch op te stellen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De laatst beschrevene signalen kunnen, als zij zich tegen den hemel afteekenen, met een kijker nog op zeer groote afstanden — 20 à 30000 meter — worden onderscheiden.

Is dit niet het geval, doch projecteert het signaal zich bijv. tegen geboomte, dan zal het zeer veel van de weersgesteldheid en de verlichting afhangen, op welken afstand men het nog met den kijker kan waarnemen.

Men moet steeds zorg dragen, het grondvlak van het signaal niet te klein te nemen. Voor groote signalen kan de diameter van dit grondvlak bijv. 6 à 8 meter, bij kleinere 4 à 6 meter bedragen.

Het vereenigingspunt der bamboes zal in overeenstemming met deze afmetingen van het grondvlak respectievelijk op ± 7 en ± 4 meter boven den bodem gekozen moeten worden.

Is het grondvlak te klein in verhouding tot de hoogte, dan zijn de afmetingen van den korf te gering, om dien nog op groote afstanden scherp te kunnen waarnemen, terwijl alsdan ook de stabiliteit van het signaal, bijv. tegen winddruk, te gering wordt.

Op plaatsen waar geen groote bamboesoorten verkrijgbaar zijn, kunnen ook pinang- en randoeboomen, of in het algemeen rechte stammen van niet te groote afmetingen tot staanders gebezigd worden. Is in 't geheel geen bamboe te krijgen dan kan de bekleeding van het signaal bijv. van geschilderd zeildoek vervaardigd worden; doch dit dient, om de groote kosten, zooveel mogelijk te worden vermeden.

### III. De heliotropen of zonnewenders.

§ 109. Is het waar te nemen punt zoover van den waarnemer verwijderd, dat een daarboven opgericht signaal niet meer scherp te onderscheiden zou zijn, of teekent het zich tegen een donkeren achtergrond zoo onduidelijk af, dat het niet met zekerheid te onderkennen, nog minder met juistheid in te stellen is, of ook, acht men het niet noodig op dat punt een signaal op te richten, dan stelt men, aldaar voor de waarneming tijdelijk een *heliotroop* op.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 110. Dit instrument bestaat in hoofdzaak uit een kleinen, vlakken spiegel, waarmede van uit het waar te nemen punt een opgevangen bundel zonnestralen juist naar de standplaats van den waarnemer kan teruggekaatst worden.

Men behoeft daartoe slechts, overeenkomstig de wetten der terugkaatsing van het licht, dien spiegel in zoodanigen stand te plaatsen, dat de hoek, waaronder de zonnestralen op den spiegel vallen, gelijk is aan dien, welke de verbindingslijn tusschen het waar te nemen punt en het standpunt van den waarnemer met het vlak van den spiegel maakt.

De waarnemer zal dan in de richting van het waar te nemen punt een licht ontwaren. Verplaatst hij zich een weinig rechts of links, dan zal hij andere deelen dan aanvankelijk van de zonneschijf in den spiegel zien, maar het licht zal niet verdwijnen, vóór dat hij zich zoover verplaatst hebbe, dat de uiterste rand der zon uit den spiegel verdwenen is. Daar nu de stralen door twee tegenovergestelde deelen van den rand der zonneschijf naar een punt uitgezonden een hoek van nagenoeg 32′ met elkander maken, zoo zal het lichtschijnsel zichtbaar zijn over de geheele ruimte, die bestreken wordt door een hoek van 32′, waarvan het hoekpunt in den spiegel gelegen is.

§ 111. Er bestaan verschillende inrichtingen van heliotropen, strekkende óm op meer of minder nauwkeurige wijze de opgevangene zonnestralen den verwijderden waarnemer toe te zenden. Daaronder bevinden zich enkele zeer samengestelde soorten, zooals die van *von Gauss* en die van *Steinheil*.

Bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* is echter eene zeer eenvoudige soort van heliotroop in gebruik, die niettemin aan het doel volkomen beantwoordt.

Op een cylindervormige buis AB (fig. 50) zijn aan twee staafjes, schermpjes P en P′ van kleine cirkelvormige openingen voorzien, aangebracht. Zij vormen gezamenlijk eene vizierinrichting, die naar de standplaats van den waarnemer moet worden gericht.

De daartoe vereischte beweging in het horizontale vlak moet geschieden door eene wenteling van den aan het instrument bevestigden, uitgeholden, afgeknotten kegel K om den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

daarin juist passenden, afgeknotten kegel K′ van het statief. Zoodra in dien zin de gewenschte richting verkregen is, kan deze door middel van de klemschroef I worden verzekerd. Ten einde de schermpjes ook in het verticale vlak in de vereischte stelling te brengen, verplaatse men de buis AB, waaraan zij bevestigd zijn, zooveel noodig door middel der stelschroeven T en T′ om de as *a*.

Het behoeft wel geen betoog, dat de bewerkingen van het richten zoowel in verticalen als in horizontalen zin hand aan hand moeten gaan.

Men stelle daarna den spiegel S, die door de spil C om eene door zijn midden gaande verticale as, en door de in de dragers D en D′ aangebrachte schroefjes E en E′ om een door zijn midden gaande, horizontale as kan bewogen worden, zoodanig, dat de teruggekaatste zonnestralen, die door de opening van het dichtstbij den spiegel geplaatste schermpje P′ gaan, juist door de opening in het voorste schermpje P hunnen weg naar de standplaats van den waarnemer vervolgen.

Tot gemak der richting zijn in de opening van het verst van den spiegel verwijderde schermpje P een paar kruisdraden bevestigd, waarvan het kruispunt zich juist in het midden der opening bevindt, terwijl een om een spilletje beweegbaar klepje F die opening kan afsluiten, om na te kunnen gaan, of het beeld der opening van het achterste scherpje P′ juist in het midden van het scherpje P wordt opgevangen.

Het best zal men zich echter van het samenvallen der door de zonnestralen van beide schermpjes gevormde schaduwbeelden kunnen overtuigen, door die beelden op een stukje wit papier op te vangen, en na te gaan, of de schaduw van het snijpunt der in het voorste schermpje geplaatste kruisdraden in het midden valt van den verlichten cirkel, welke door de opening van het achterste schermpje in het midden van de door dat schermpje op het papier geworpene schaduw wordt afgeteekend.

§ 112. Bij het gebruik plaatst men den heliotroop met zijn spiegel zooveel mogelijk loodrecht boven het waar te nemen punt, en zal het geen bezwaar hebben, het toestel op de reeds

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

aangegevene wijze op een halve graad nauwkeurig naar het standpunt van den waarnemer te richten, waardoor men, na den spiegel den vereischten stand gegeven te hebben, de zekerheid heeft, dat de teruggekaatste zonnestralen den waarnemer zullen bereiken.

Daar de zon bij hare schijnbare dagelijksche beweging om de aarde voortdurend van stand verandert, zal men aanhoudend moeten letten op den onderlingen stand der schaduwbeelden van de beide schermpjes, en wanneer er afwijkingen ontstaan, deze telkens moeten wegnemen door den stand van den spiegel te wijzigen.

Voor het geval, dat het waar te nemen punt en het standpunt van den waarnemer in één vlak met den dagcirkel der zon gelegen zijn, en het punt waar de heliotroop is opgesteld, zich tusschen den waarnemer en de zon bevindt, zal het des ochtends, wanneer de stand der zon nog laag is, niet mogelijk zijn, zonder andere hulpmiddelen de zonnestralen den waarnemer toe te zenden.

Door middel van een tweeden spiegel S′ (fig. 51), die met het uiteinde van een tweemaal rechthoekig omgebogen arm in eene doorlating van de buis AB kan worden bevestigd, zullen dan echter de zonnestralen, door dubbele terugkaatsing in de gewenschte richting kunnen worden geleid.

Volgens *von Gauss* kan het licht van een heliotroop met het bloote oog op afstanden van 40 à 50000 meter worden waargenomen, terwijl dat licht door middel van een kijker zelfs op een afstand van ruim 100000 meter nog scherp kan worden onderscheiden.

Het uur van den dag, waarop de waarneming geschiedt, en de weêrsgesteldheid oefenen daarbij echter grooten invloed uit.

De ondervinding heeft namelijk geleerd, dat het door den heliotroop gevormde lichtbeeld der zon het helderst is in de morgenuren kort na *zonsopgang* en in de namiddaguren kort *vóór zonsondergang*.

Gedurende de uren, het dichtstbij den middag, is de verstrooiing van het licht, ten gevolge van de door de warmte veroorzaakte ongelijkmatige beweging der luchtlagen, het sterkst

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het lichtbeeld is dan gewoonlijk dof en sterk trillend, waardoor een juist richten met den kijker daarop nagenoeg onmogelijk wordt.

Behalve tot de voren omschreven doeleinden, dient de heliotroop bij de opnemingswerkzaamheden tevens als seintoestel tusschen den waarnemer, die dan ook een heliotroop bij zich heeft, en den heliotropist. Daartoe worden door deze beide personen vooraf de noodige seinen afgesproken.

Door een zeker aantal malen het licht van den heliotroop b.v. met behulp van een blad carton, of wel met de vlakke hand, te onderscheppen, en daarna weder door te laten, kan men de voor het overbrengen van berichten vereischte teekens samenstellen. Het spreekt echter van zelve, dat de onderling te wisselen berichten zich slechts tot enkele, op de meting betrekking hebbende, dringende tijdingen bepalen. In ieder geval zal het zaak zijn overeen te komen, de gegeven seinen steeds door den ontvanger te doen herhalen, ten bewijze dat het sein door hem begrepen is.

§ 113. Wanneer het noodig is een punt van twee stations gelijktijdig aan te meten, wordt een dubbele heliotroop (fig. 52) gebezigd, bestaande uit een verticale as A, waarom twee horizontale stangen BC en B′C′ vrij kunnen draaien.

Op elk der stangen zijn twee viziertjes OV en O′V′ bevestigd, van welke het voorste in het vooreinde der stangen in verticalen zin beweegbaar is; door de klemschroeven bij B en B′ kan de stand van die voorste viziertjes naar willekeur geregeld worden. Achter de achterste viziertjes O en O′ bevinden zich de heliotroopspiegels S en S′, die weder om twee onderling loodrechte assen draaibaar zijn.

Wil men dus met dezen toestel van uit de een of andere triangulatiepilaar gelijktijdig lichtgeven naar twee stations, dan heeft men de verticale as van den heliotroop met houtschroeven te bevestigen op een houten klosje K, dat voorzien is van eene opening, die juist sluit om de ijzeren dook (hakkelbout), welke in het bovenvlak van den pilaar gemetseld is. Vervolgens richt men, met het oog achter de viziertjes O of O′, langs het kruispunt der kruisdraden, welke in de voorste viziertjes V en V′ aangebracht zijn, naar de



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

beide stations. Daarna worden de spiegels in het achtereinde der stangen BC en B′C′ geplaatst en op de wijze, als aangegeven is in § 111, gesteld.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## HOOFDSTUK D.

## DE HOEKMEETINSTRUMENTEN.

### Inleiding.

§ 114. Het doel der hoekmeetinstrumenten ligt reeds in den naam opgesloten; zij dienen tot *het meten van hoeken*. De bijzondere samenstelling der onderscheidene instrumenten hangt echter in hoofdzaak af van de soort der hoeken, die men er mede wil meten. Het zal dus noodig zijn die hoeksoorten nader te onderscheiden.

§ 115. Bij hoekmetingen onderscheidt men n. l. het meten van hoeken *in hun eigen vlak*, van *horizontale hoeken*, van *verticale* of *hellingshoeken* en van *azimuts*.

Denkt men zich in het terrein drie punten A, B en C willekeurig gekozen, dan zal het vlak, dat door die punten bepaald wordt, in het algemeen noch horizontaal, noch verticaal zijn, maar een scheeven stand hebben. Zij nu A het standpunt van den waarnemer, en stellen we ons voor den waren hoek te meten, waaronder de punten B en C uit A gezien worden, dan zal men een instrument moeten bezigen, waarmede men den hoek BAC *in zijn eigen vlak* kan meten. We zullen later voor dit doel de *spiegelinstrumenten* leeren kennen.

Is het echter niet noodig den hoek BAC in zijn eigen vlak te meten, maar is het voor het doel gewenscht den *horizontalen hoek*, d. i de horizontale projectie van den hoek BAC of, wat hetzelfde is, den standhoek tusschen de horizontaal projecteerende vlakken der richtingen AB en AC te kennen, dan zou het meten van den waren hoek en

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het vervolgens berekenen van zijn horizontale projectie (het herleiden van den hoek tot den horizon) een omweg zijn, die, wanneer dit kan, bepaald vermeden moet worden. De samenstelling van het instrument moet ons daarom voor dat geval in staat stellen, onmiddellijk den standhoek tusschen de horizontaal projecteerende vlakken der richtingen AB en AC te meten. Zulk een instrument moet dus voorzien zijn van eene vizierinrichting, verbonden aan eene alhidade, die vrij draaien kan om eene verticale as, welke door het midden van een horizontalen cirkelrand gaat en waarop die alhidade de verschillende standen dier horizontaal projecteerende vlakken aanwijst.

Heeft men, behalve den horizontalen hoek BAC, ook noodig te weten hoe hoog de punten B en C boven het punt A gelegen zijn, dan heeft men daartoe, behalve den afstand dezer punten tot het punt A, ook noodig de hoeken te kennen, welke de rechte lijnen AB en AC met hunne horizontale projectiën maken. De hoeken, welke rechte lijnen maken met hunne horizontale projectiën, noemt men *verticale* of *hellingshoeken* of ook wel *elevatiehoeken*.

Heeft zulk een rechte lijn eene helling naar boven, dan is de elevatiehoek, waaronder die lijn zich verheft, *positief;* in het tegengestelde geval noemt men het eene *negatieve elevatiehoek* of *depressiehoek*. De hoeken, welke rechte lijnen maken met de verticaal in bovenwaartsche richting, dus de complementen van positieve elevatiehoeken, worden zenithoeken, of ook wel zenitafstanden, genoemd, terwijl de hoeken met de verticaal in benedenwaartsche richting, de complementen dus van de depressiehoeken, onder den naam van *nadirhoeken* bekend zijn.

In 't algemeen is voor het meten van verticale hoeken een instrument noodig, voorzien van een verticalen cirkelrand, waarop die hoeken door een alhidade worden aangewezen. Daartoe draait die alhidade om een horizontale as, midden door dien cirkelrand gaande, met eene vizierinrichting mede, of wel omgekeerd, de alhidade heeft een vasten stand en de cirkelrand volgt de vizierinrichting.

Wij zullen later in de *theodolieten*, instrumenten leeren

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

kennen, die zoodanig ingericht zijn, dat er zoowel horizontale als verticale hoeken mede gemeten kunnen worden.

Eindelijk nog kan het noodig zijn het *azimut* van een lijn te leeren kennen, d. i. de hoek die hare horizontale projectie met een vast verticaal vlak maakt. Voor dit vaste verticale vlak wordt meestal het meridiaanvlak van de plaats genomen, d. i. het verticale vlak, dat door de richting Noord-Zuid gaat. Men kan echter ook ieder ander verticaal vlak als vlak van uitgang aannemen.

Zooals hierachter meer uitvoerig zal worden uiteengezet, neemt eene magneetnaald, die zich in een horizontaal vlak vrij kan bewegen, eene bepaalde richting aan, die den naam van *magnetische meridiaan* draagt. Het is ten opzichte van dezen magnetischen meridiaan, dat de azimuts met de *bous-sole* gemeten worden (§ 154).

§ 116. Behalve het meten van hoeken komt ook het uitzetten daarvan op het terrein, b. v. van hoeken van 45°, 90° en 180° meermalen voor.

Tot het uitzetten van hoeken van een willekeurig aantal graden en minuten kunnen in 't algemeen alle hoekmeetinstrumenten dienen. Dit komt echter zelden voor; veelvuldig daarentegen het uitzetten van hoeken van een bepaald aantal graden, vooral van 90°.

Daartoe kan men volstaan met eenvoudige instrumentjes, welke vizierinrichtingen hebben, die den gevorderden hoek met elkander maken, of waarin twee vaste spiegels voorkomen, die te zamen een hoek vormen gelijk aan de helft van den uit te zetten hoek; voor deze spiegels worden dan, ten einde verstelling te voorkomen, bij voorkeur de zijvlakken van glazen prisma's gekozen.

De beschrijving der hoekmeetinstrumenten zal aanvangen met deze eenvoudige instrumentjes, daar ze als 't ware den overgang vormen van de grovere werktuigen tot de meer samengestelde.

§ 117. Alvorens eenig instrument in gebruik te nemen, moet onderzocht worden of het, in verband met het algemeene doel waarvoor het vervaardigd is, beantwoordt aan de eischen, welke er aan gesteld mogen worden, en waaraan met behulp

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van de zich aan het instrument bevindende middelen tot regeling niet voldaan kan worden. Dit noemt men *het keuren van het instrument.*

Voldoet het niet aan die eischen, dan moet het door den instrumentmaker verbeterd, dan wel ten eenenmale afgekeurd worden. Voldoet het daaraan wel, dan moet men, alvorens het te gebruiken, met behulp van de zich daartoe aan het instrument bevindende middelen, nog de voorwaarden vervullen, welke betrekking hebben op den onderlingen stand der deelen van het instrument. Dit noemt men *de regeling* van het instrument en de hier bedoelde voorwaarden daarom ook de *voorwaarden van regeling.*

Verder moet het instrument in ieder punt, waar men het wil bezigen, behoorlijk opgesteld worden, m.a.w., in elk dier punten zal het hebben te voldoen aan voorwaarden, die betrekking hebben op den stand van het geheele instrument ten opzichte van het terrein. Deze voorwaarden dragen, den naam van *voorwaarden van opstelling.*

Bij de behandeling der instrumenten zullen de keuring, de regeling en de opstelling voor elk instrument behandeld worden, en zal daardoor van zelf blijken, wat in elk bijzonder geval daaronder verstaan moet worden.

In 't algemeen verdient het echter aanbeveling de keuring en het onderzoek op de voorwaarden van regeling van een instrument, voor zoover zulks mogelijk is, te doen voorafgaan door behoorlijke opstelling, terwijl men bij het onderzoek op de voorwaarden van regeling aanvankelijk dient uit te gaan van de veronderstelling, dat men een geregeld instrument voor zich heeft.

Bij het verdere onderzoek zal dan blijken, in hoeverre die veronderstelling onjuist is geweest, en in hoeverre dus verbeteringen in de regeling moeten gebracht worden.

### I. Het prisma van Bauernfeind.

§ 118. Dit instrument (fig. 53[a]) bestaat uit een gelijkbeenig glazen prisma BC, rechthoekig in C. Driehoek ABC (fig 54) stelt de doorsnede voor van dat prisma, volgens een vlak

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

loodrecht op de ribben. De beide grondvlakken en het verfoeliede, ongeveer 4 centimeter lange, hypotenusavlak AB worden door koperen dekplaatjes beschermd, terwijl ook de zijvlakken BC en AC door een om de as D draaibaren beugel E afgesloten en voor beschadiging gevrijwaard kunnen worden.

Bij het gebruik moeten die zijvlakken vrij zijn en draait men den beugel 90° om, — dus in den stand die de figuur aangeeft. De beugel dient dan tot handvat.

Een prisma, zooals voorgesteld is in fig. 53', wordt thans veelvuldig bij den Topographischen Dienst gebruikt. Daar de inrichting nagenoeg geheel overeenkomt met het hierboven beschreven prisma, en uit de figuur voldoende blijkt, wordt hier geen nadere beschrijving daarvan gegeven.

§ 119. Het instrument wordt gebezigd tot het uitzetten van rechte hoeken; de inrichting er van berust op de wetten van breking en van terugkaatsing van het licht.

Een, van een baak P in het vlak van doorsnede ABC, op de rechthoekszijde AC invallende lichtstraal P$a$ wordt volgens de lijn $ab$ gebroken, en door het binnenvlak der rechthoekszijde BC inwendig teruggekaatst naar $c$, daar door het verfoeliede hypotenusavlak AB teruggekaatst naar $d$, om in de richting $de$, welke een hoek van 90° maakt met zijne aanvankelijke richting P$a$, uit het prisma te treden.

De met het oog in $e$ geplaatste waarnemer ziet dus het beeld van de baak P door het prisma in eene richting, welke rechthoekig staat op die, door zijn standpunt en de baak P zelve afgebakend. Met het oog tevens over het prisma heen ziende, kan hij nu eene andere baak Q doen stellen, in de richting van het beeld, door het prisma van de baak P gevormd. De baken P en Q zullen dan ten opzichte van het standpunt $e$ van den waarnemer in richtingen gelegen zijn, die onderling een rechten hoek P$e$Q maken.

Zij namelijk P$af = \alpha$, de hoek van inval van den lichtstraal P$a$ op het prismavlak AC, dan zal deze na breking zijn weg in het prisma voorzetten volgens de lijn $ab$, welke met de normaal $gf$ een hoek $\beta$ maakt, waarvan de grootte bepaald wordt door de grondformule der breking van het licht, $\sin \alpha = m \sin \beta$, of $\sin \beta = \frac{1}{m} \sin \alpha$ (§ 47).

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De brekingscoëfficiënt van een lichtstraal, zooals hier overgaande van de lucht in het glas van het prisma, is $m = \frac{3}{2}$; de grootste waarde voor hoek $\beta$ zal verkregen worden, wanneer ook $sin\ \alpha$ zijne grootste waarde bereikt, dus als $sin\ \alpha = 1$ is, in welk geval $sin\ \beta = \frac{2}{3}$, en derhalve $\beta = 41° 48'$ is.

Valt een, in een glazen lichaam doorgedrongen lichtstraal dus op een der begrenzende vlakken er van onder een hoek grooter dan dan 41° 48', dan kan hij het niet meer verlaten, maar wordt door het begrenzende vlak als door een spiegelvlak teruggekaatst (totale terugkaatsing). Dit geval doet zich o. a. in dit prisma voor bij $b$, waar de eenmaal gebroken straal $a\,b$ op het prismavlak BC valt.

De hoek $g\,b\,a$ namelijk, waaronder de lichtstraal $a\,b$ de rechthoekszijde BC van het prisma treft, zal steeds grooter dan 41° 48' zijn, want de grootste waarde, welke hoek $g\,a\,b = \beta$ bereiken kan, is, zooals boven werd aangetoond 41° 48', en daar de normaal $g\,f$ evenwijdig loopt met het vlak BC van het prisma, is $\angle\ g\,b\,a = 90° - \beta$, dus altijd grooter dan 41° 48'.

De lichtstraal $a\,b$ wordt derhalve door het vlak BC in de richting $b\,c$ teruggekaatst, alsof hij op een spiegelvlak gevallen ware, waardoor, volgens de wetten der terugkaatsing, de hoeken van inval en terugkaatsing onderling gelijk zijnde, $\angle\ g\,b\,c = \angle\ g\,b\,a = 90° - \beta$ is.

Alsnu $\triangle$ B$c\,b$ beschouwende, zal men zien, dat $\angle$ B $= 45°$, $\angle\ b = \beta$, en dus $\angle$ B$c\,b = 135° - \beta$ is.

De lichtstraal $b\,c$, in $c$ op het verfoeliede hypotenusavlak AB vallende, wordt door dat vlak in de richting $c\,d$ teruggekaatst; uit de figuur blijkt zonder verdere toelichting, dat de onderling gelijke hoeken van inval en terugkaatsing $b\,c\,h$ en $h\,c\,d$ ieder gelijk $\angle$ B$c\,b$—$90° = 45° - \beta$ zijn.

Richt men nu in het punt $d$, waar de lichtstraal $c\,d$ de rechthoekszijde BC treft, de normaal $d\,i$ op, dan is in den daardoor ontstaanden $\triangle\ d\,c\,i$, $\angle\ i\,c\,d = 45° - \beta$; maar daar de buitenhoek $d\,i\,h$ van dien driehoek niet alleen gelijk is aan de som der beide hoeken aan de basis, $c\,d\,i$ en $i\,c\,d$, maar tevens aan $\angle$ B, omdat beider beenen loodrecht

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

op elkander staan, zoo zal $\angle\ cdi = \angle\ dih - \angle\ icd = \angle$ B$-\angle\ icd = 45°-(45°-\beta) = \beta$ zijn.

De lichtstraal $cd$ valt derhalve op de rechthoekszijde BC onder een hoek $cdi = \beta$, en verlaat het prisma onder een hoek $kde = \alpha'$.

Volgens de formule der breking is $sin\ \beta = \frac{1}{m}\ sin\ \alpha'$ waarin $\frac{1}{m}$ de brekingscoëfficiënt voor een van glas in lucht overgaanden lichtstraal voorstelt; derhalve $sin\ \alpha' = m\ sin\ \beta$; maar hierboven werd reeds gevonden $sin\ \alpha = m\ sin\ \beta$; dus zal $\angle\ \alpha' = \angle\ \alpha$ moeten zijn.

De hoeken $Paf$ en $kde$ zijn derhalve aan elkander gelijk, en daar de beenen $af$ en $dk$ dier hoeken loodrecht op elkander staan, zullen ook de beide andere beenen $Pa$ en $de$, alsmede de daarmede overeenstemmende richtingen $Pe$ en $eQ$ onderling een rechten hoek moeten vormen.

§ 120. Om zekerheid te erlangen, dat de met behulp van het instrument uit te zetten hoek een zuiver rechte hoek is, kan men eene rondmeting (tour d'horizon) verrichten. Men zette daartoe met het instrument viermalen denzelfden hoek naast elkander uit, en overtuige zich, dat het laatste been van den vierden hoek juist overeenkomt met het eerste been van den eersten hoek. Is dit het geval, dan is de door het instrument uitgezette hoek recht.

Mocht de uitslag van het onderzoek ongunstig zijn, dan kan, als een gevolg van het onveranderlijk verband der inrichting, van verbetering geen sprake zijn; een prisma, dat niet goed bevonden wordt, kan niet gebruikt worden.

§ 121. Het instrument munt uit door eene eenvoudige en stevige samenstelling, waarin schokken noch stooten verandering kunnen brengen. Het wordt in de vrije hand gebruikt, en neemt na de sluiting door den beugel slechts eene zeer geringe ruimte in. Aan den beugel is een ring aangebracht, bestemd om daaraan een koord met schietlood te hangen, ten einde het punt van waarneming nauwkeurig te kunnen bepalen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## II. De pantometer.

§ 122. De naam van dit instrument — *pantometer* (*almeter*) — duidt reeds aan, dat met de samenstelling beoogd werd, daarmede hoeken van verschillende grootte op het veld te kunnen uitzetten of meten.

De pantometer bestaat uit twee boven elkander geplaatste koperen cylinders A en B (fig. 55) van gelijke middellijn, die om eene gemeenschappelijke, door het midden der beide cylinders gaande verticale as, vrij kunnen rondgedraaid worden. In het ronde oppervlak van den bovensten cylinder zijn twee elkander rechthoekig snijdende vizierinrichtingen *a* en *b* aangebracht; in dat van den ondersten cylinder bevindt zich eene vizierinrichting *c*.

De bovenrand van den ondersten cylinder B is in 360 graden verdeeld van nul links omgaande, terwijl de juist daartegen aansluitende onderrand van den bovensten cylinder van twee diametraal elkander tegenoverstaande noniën voorzien is.

Dertig deelen van deze noniën stemmen overeen met negen en twintig deelen van den verdeelden rand, zoodat aflezing tot in dubbelminuten nauwkeurig, en schatting tot in minuten mogelijk is.

De nulstreep van de graadverdeeling is juist in het verlengde gelegen van de oogopening der vizierinrichting *c*, terwijl de nulpunten (indexstrepen) der noniën juist in het viziervlak *a* gelegen zijn.

Doet men dus de index van den nonius onder de oogopening van vizier *a* overeenstemmen met de nulstreep van den verdeelden rand, — zooals in fig. 55 — dan zal de index van den anderen nonius 180° wijzen, terwijl de viziervlakken *a* en *c* zullen samenvallen.

Een baak zuiver in het viziervlak *c* geplaatst, zal dus in dien stand der cylinders voor het oog van den waarnemer achter de oogopening van het viziervlak *a* nauwkeurig door den objectiefdraad van die vizierinrichting bedekt moeten worden.

Klemt men den ondersten cylinder B daarna door middel

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van den klemtoestel met klemschroef F tegen de borst E der verticale as D, zoodat het viziervlak *c* op die baak gericht moet blijven, en draait men voorts den bovensten cylinder A door middel van het handvat C, dat met een in den cylinder geplaatst rondsel verbonden is, zoover om, dat het vizier *a*, dat aanvankelijk op de eene baak gericht was, daarna met eene andere baak samenvalt, dan zal de hoek, welke deze nieuwe richting met de eerste maakt, door den index van den nonius onder *a* op de graadverdeeling worden aangewezen.

De tweede nonius dient om door dubbele aflezing de fouten in den rand en ook de excentriciteitsfouten te elimineeren.

Op het bovenvlak van den bovensten cylinder is eene boussole G geplaatst.

De lijn, die door de, in de verticale as van het instrument geplaatste, ondersteuningsstift *d* van de magneetnaald gaat, en het nulpunt met de deelstreep voor 180° op de randverdeeling der boussole verbindt, is in één vlak gelegen met de vizierinrichting *a*, waarbij de noniusbogen zijn aangebracht. Op het ronde oppervlak van de koperen, cylindervormige doos G, waarin zich de boussole bevindt, is in een sleuf *e* het uiteinde *f* van den arm eens helfbooms zichtbaar, waarmede door eene zijdelingsche beweging de magneetnaald M van de stift *d*, waarop zij rust, kan afgelicht worden.

§ 123. Het onderzoek, naar den onderling rechthoekigen stand van de in den bovensten cylinder aangebrachte vizierinrichtingen, kan evenals bij het prisma van Bauernfeind door eene rondmeting geschieden.

De juistheid van de verdeeling op den bovenrand van den ondersten cylinder kan op de, in § 37 vermelde wijze, door de beide noniën gecontroleerd worden, terwijl men eindelijk de randverdeeling der boussole kan nagaan, door haar met de graadverdeeling op den cylinder te vergelijken.

§ 124. Voor het gebruik wordt dit instrument op een drievoet gesteld. Daartoe wordt van onderen een holle koperen kegel K aangeschroefd, welks as dan in het verlengde van de verticale as van het instrument komt, en die juist past over den afgeknotten kegel K′ van den statiefkop.

De verticale as van het instrument moet bij het gebruik

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

loodrecht staan. Men plaatst haar daartoe eerst op het oog zooveel mogelijk loodrecht, en overtuigt zich vervolgens van de juistheid dier plaatsing, door na te gaan, of bij het rondraaien van het instrument om de as, de magneetnaald steeds in het vlak van den verdeelden rand der boussole gelegen blijft.

Mochten de punten der naald hier of daar van dat vlak afwijken, dan moet dit door eene geringe verplaatsing der statiefbeenen worden verholpen. Van te voren moet dan echter de instrumentmaker gezorgd hebben, dat de magneetnaald, vrij op de ondersteuningsstift rustende, horizontaal is, en dat de boussolerand rechthoekig op de verticale as staat.

De beide rechthoekig op elkander staande vizieren *a* en *b* van den bovensten cylinder te zamen genomen, kunnen tot het uitzetten van hoeken van 90° gebezigd worden, terwijl zij daarenboven ieder afzonderlijk genomen met de vizierinrichting *c* van den ondersten cylinder, ook kunnen dienen tot het afbakenen of meten van horizontale hoeken van een willekeurig aantal graden en minuten.

Eindelijk nog geeft de op het bovenvlak van den bovensten cylinder geplaatste boussole gelegenheid, de richting der beenen van elken hoek ten opzichte van den magnetischen meridiaan te bepalen, op de wijze als later bij de boussoleinstrumenten zal aangegeven worden.

Ofschoon dit eenvoudig ingerichte instrument voor het uitzetten van hoeken op 't terrein en voor hoekmetingen van ondergeschikten aard in vele gevallen aan de behoefte van den landmeter voldoet — ten minste zoolang men slechts de projectie op het horizontale vlak der te meten hoeken wil kennen, en men zich niet met het bepalen van de hoogte der op te meten punten heeft in te laten — is er, vooral door de geringe afmeting van de middellijn der cylinders — 7.5 centimeter —, geen groote nauwkeurigheid mede te bereiken.

Wordt grootere nauwkeurigheid vereischt, dan is het beter instrumenten te gebruiken, waarvan de verdeelde randen een grootere middellijn hebben, de verticale draaiingsas door middel van stelschroeven met volkomene juistheid loodrecht gesteld kan worden, en de vizierinrichtingen door kijkers vervangen zijn.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## III. Het planchet.

§ 125. Het *planchet*, door *Johann Praetorius* te *Altorf (Beieren)*, op het einde der 16e eeuw uitgevonden, bestaat uit twee hoofddeelen: *het eigenlijke planchet*, zijnde een houten bord, dat met behulp van een drievoet horizontaal kan worden opgesteld, en de *vizierliniaal*, zijnde een liniaal met vizierinrichting.

Bovendien zijn aan het planchet nog toegevoegd, *een libel* om het bovenvlak van het bord waterpas te stellen, *eene boussole* om het te oriënteeren, en *een schietlood* om eenig punt van de kaart juist boven het overeenkomstige punt op het terrein te brengen.

§ 126. Het planchet dient om het op te nemen terrein rechtstreeks in teekening te brengen, door n.l. de verschillende hoeken van het terrein, welke men voor die teekening noodig heeft, op hunne overeenkomstige plaatsen, op het met papier overspannen bovenvlak van het bord over te brengen, de gemeten afstanden op verkleinde schaal langs de beenen dier hoeken uit te zetten, en zoodoende op dat bovenvlak eene figuur te vormen, die gelijkvormig is met de horizontale projectie van het terrein.

§ 127. *Het eigenlijke planchet* bestaat in hoofdzaak uit drie onderdeelen, namelijk *de houten meettafel*, *het houten statief* en *het metalen onderstel*, dat beiden verbindt.

§ 128. *De meettafel* A (fig. 56) is een vierkant, houten bord van 60 cM. zijde en omstreeks 3 cM. dikte, met plat bovenvlak.

Ten einde den invloed der weersgesteldheid op het hout, waaruit het is samengesteld, zooveel mogelijk tegen te gaan, en het trekken en krombuigen, hetwelk daarvan een gevolg is, vooral voor het bovenvlak te voorkomen, verdient het aanbeveling dit bord te vervaardigen uit verscheidene rechthoekige stukken goed droog lindenhout, deze met den draad van het hout loodrecht op elkander te plaatsen en door een raamwerk van dezelfde houtsoort te omgeven.

Aan het ondervlak der meettafel is in 't midden een zware, geel koperen ring *a* (fig. 56 en 58) door middel van zes koperen schroeven *b* bevestigd. In den ring zijn op onderling

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

gelijke afstanden drie moeren $c, c'$ en $c''$ gesneden voor de drie schroeven $d, d'$ en $d''$ (fig. 57 en 58), waarmede de meettafel op het metalen onderstel wordt bevestigd.

Deze wijze van bevestiging maakt het mogelijk de meettafel tot vergemakkelijking van het transport, of ook om te huis daarop het noodige teekenwerk te verrichten, van zijn onderstel af te nemen.

Bij het gebruik wordt op het bovenvlak der meettafel een vel stevig teekenpapier met eiwit vastgekleefd; de randen van het papier worden met lijm aan de kanten der tafel gehecht. Het opspannen van het papier moet zoodanig geschieden, dat het daarna volkomen aan het bovenvlak der meettafel aansluit, en daarmede als het ware één geheel vormt, opdat geene oneffenheden de beweging der vizierliniaal belemmeren.

§ 129. *Het metalen onderstel* B (fig. 57 en 58), waarop de meettafel rust, bestaat uit een koperen cirkelvormige plaat $e$, die juist in den ring $a$ past en voorzien is van drie cylindervormige gaten, ter doorlating van de bevestigingsschroeven $d, d'$ en $d''$. De plaat $e$ is in het midden vast verbonden aan de verticale kegelvormige as $g$, die in de bus $h$ past en daarin kan draaien. Van onderen is deze as, ten einde het afllichten te voorkomen, met een schroef $i$ opgesloten.

De bus $h$ rust door middel van de, aan de armen $k, k'$ en $k''$ werkende, stelschroeven $l, l'$ en $l''$ op den kop van het statief C; de werking dier stelschroeven kan met schroefjes $m, m'$ en $m''$ (de laatste in de figuren niet zichtbaar) geregeld worden. Om de beweging van de houten meettafel om de verticale as op te heffen en daarna nog eene fijne beweging er aan te kunnen geven, is om de bus $h$ een losse ring $o$ tusschen de nokken $n$ en $n'$ aangebracht; de ring is voorzien van twee armen $p$ en $p'$ en kan met behulp van de klemschroef $t$, die de arm $p$ doorboort, aan de bus $h$ vastgeklemd worden, terwijl dan door de in het raam $q$ werkende micrometerschroef $r$, die tegen den arm $p$ drukt, en het, eveneens in het raam $q$ haar steunpunt vindende, tegen de andere zijde van dien arm, onder den invloed van eene in het busje $s$ opgeslotene spiraalveer, gedreven wordende, bewegelijk einde

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

$s'$, nog fijne bewegingen aan het planchet gegeven kunnen worden.

§ 130. Het statief C is een stevige houten drievoet, ingericht zooals in fig. 57 en 58 is aangegeven.

Op het bovenvlak van den statiefkop ligt los een koperen ring $r$ met drie armen $w$, $w'$ en $w''$, op wier cirkelvormige uiteinden verhoogingen zijn aangebracht, waarin zich sleuven bevinden tot het ontvangen van de bolvormig afgeslepen voetpunten der stelschroeven $l$, $l'$ en $l''$.

De bevestiging van het onderstel B aan het statief C geschiedt door middel van de stang $y$, welke aan het ondereinde van de buis $h$ wordt geschroefd. De stang $y$ gaat door de in den ring $r$ en in den statiefkop gesnedene openingen, en rust in lossen toestand met een borst $\alpha$ op den ring $r$.

Aan de onderzijde van den statiefkop dienen de metalen ring $\beta$ met het in eene uitholling daarvan juist passende, bolvormige sluitstuk $\gamma$ en de koperen spiraal $Z$, om door middel van de klemschroef $\delta$ het onderstel B tegen den statiefkop te klemmen.

Onder aan de stang $y$ is een schroefkop $\asymp$, dienende tot handvat bij het aanschroeven, terwijl een daaronder aan haar uiteinde zich bevindende haak bestemd is tot het ophangen van een schietlood, ten einde het midden van het planchet met juistheid boven eenig punt op het terrein te kunnen brengen.

§ 131. Als *vizierliniaal* wordt bij het planchet meestal gebruikt de *Kippregel* — de Deensche — (fig. 60), dat is een koperen liniaal, voorzien van een astronomischen kijker als vizierinrichting.

De naam *Kippregel* heeft zijn ontstaan te danken aan de beweging van den op de liniaal geplaatsten kijker. Zij is namelijk samengesteld uit de Duitsche woorden *kippen* (omslaan) en *Regel* (liniaal).

De liniaal is aan den eenen kant BB′ schuin afgesneden. Langs dien kant worden de lijnen op het papier getrokken. De kijker, voorzien van een Ramsden's oculair, is met de liniaal verbonden door middel van de twee bogen C en C′ en den, op het midden der liniaal met vier schroefjes bevestig-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den staander $b$; hij kan om twee, nabij het objectief van den kijker aangebrachte, tappen in het verticale vlak draaien.

De kijkertappen zijn in de figuur niet zichtbaar, wel de sluitplaatjes $d$ en $d'$, die ieder met twee schroefjes aan de boveneinden der armen $c$ en $c'$ bevestigd zijn, en de tappen in hunne pannen vasthouden.

Bij de beweging van den kijker om zijn as, verplaatst zich het oculaireinde met de borst $e$ tusschen de twee opstaande bogen C en C', welke ieder met twee schroeven op de liniaal bevestigd, en van boven onderling verbonden zijn.

De boog C, welke tot meerdere stevigheid met den door de kijkertappen doorboorden stang $f$, en den met dien stang een geheel vormenden boog $g$, aan den arm $c$ van den drager $b$ verbonden is, heeft aan zijn buitenvlak eene randverdeeling, die van een nulpunt uitgaande naar boven tot 21° en naar beneden tot 19°, tot in zesde deelen van een graad is onderverdeeld.

Aan de buitenzijde van den arm $c$ is verder een stang $k$, door middel van de schroef $a$, met den kijkertap aan die zijde verbonden.

De stang $k$ is aan het andere einde met de schroef $h$ aan de kijkerbuis bevestigd, en draagt aan dat uiteinde een noniusboog $l$, die dus de beweging van den kijker langs den verdeelden rand C volgt.

Deze noniusboog, waarvan het middelpunt, evenals dat van de randverdeeling in de draaiingsas van den kijker ligt, is aan beide zijden van zijn nulpunt in 20 deelen verdeeld, overeenkomende met 19 deelen van den verdeelden rand, waardoor aflezing tot in halve minuten nauwkeurig mogelijk is, en tot in kwart minuten geschat kan worden.

Op het buitenvlak der liniaal $k$ is verder met een schroef $n$ een loupe $m$ voor het aflezen, aangebracht.

Aan den boog C' bevindt zich eene inrichting tot vastklemmen en fijne beweging.

Door middel van de klemschroef $o$ kunnen namelijk de klemplaten $p$ en $q$ aan beiden zijden tegen het vlak van dien boog geklemd worden. Na deze aanklemming wordt de kijker met zijn borst $r$ vastgehouden tusschen de micrometerschroef $s$, en de met een spiraal omwonden spil $s'$.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Door middel van de micrometerschroef kunnen daarna aan den kijker nog kleine bewegingen in het verticale vlak medegedeeld worden.

Op den kijker bevinden zich twee ligplaatsen $t$ en $t'$, ieder van een uitstekende stift voorzien; deze dienen voor de plaatsing van het buisniveau D, dat in zijn onderlaag E twee openingen $u$ en $u'$ heeft, waarmede het los op de stiften gesteld kan worden.

Onder den kijker is op het bovenvlak der liniaal nog een buisniveau F geplaatst.

Op het vooreinde der liniaal bevindt zich eene langwerpige oriënteerboussole G, waarvan de lijn NZ van de graadverdeeling evenwijdig moet zijn aan den kant BB' der liniaal.

Op datzelfde vooreinde der liniaal bevindt zich op de bovenzijde daarvan nog een teekenschaal H voor de schaal 1:25000.

Aan het achtereinde der liniaal is een knop I, terwijl aan het vooreinde twee knoppen K en L zijn aangebracht, welke alleen bij verplaatsingen der liniaal tot handvatten dienen. De uiteinden ervan kunnen door het lichaam van den liniaal geschroefd worden, waardoor men aan het vlak van deze eene horizontale ligging kan geven, onafhankelijk van den stand van het bovenvlak der meettafel; hierdoor wordt het nauwkeurig meten van verticale hoeken mogelijk, zelfs dan, wanneer het bovenvlak der meettafel hare juiste horizontale stelling mocht verloren hebben.

§ 132. Zooals hiervoren reeds vermeld werd, behoort bij het planchet, behalve de kippregel met oriënteerboussole en libel, nog een *schietlood*.

Dit schietlood dient om eenig punt van de meettafel nauwkeurig boven het overeenkomstige punt op het terrein te brengen. Op het oog kan men het meestal voldoende nauwkeurig onder het punt op het planchet houden, dat men op het terrein wil projecteeren.

Bij carteeringen op groote schaal, waar geringe afwijkingen in dit opzicht nog van invloed kunnen zijn, bedient men zich echter van eene inrichting, als afgebeeld is in fig. 59.

Twee ongelijke, houten of koperen armen A en B zijn door een dwarsstuk C met elkander verbonden.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De arm B kan om een bij $c$ aangebracht scharnier zoodanig gesteld worden, dat, bij horizontalen stand van den onderkant van de arm A, het aan het uiteinde van dien arm in het koperen plaatje $b$ zich bevindende oog $b'$ in eene verticale lijn gelegen is met het uiteinde $a'$ van het koperen plaatje $a$ van den korten arm A; m.a.w. de lijn $a'b'$ moet rechthoekig zijn op den onderkant van den arm A.

Of hieraan voldaan is, kan nagegaan worden, door den haak achtereenvolgend in twee standen, die ongeveer 180° van elkaar verschillen, aan een en hetzelfde punt van het planchet aan te leggen.

Het schietlood moet dan in beide gevallen hetzelfde punt van het terrein aanwijzen.

De wrijving der armen B en C in het scharnier $c$ moet zoo groot zijn, dat de vaste stand van die armen, nadat zij in vorenvermelden zin ten opzichte van elkaar gesteld zijn, ook bij het gebruik met het schietlood, voldoende verzekerd is. Het scharnier $c$ is slechts aangebracht, om het toestel na gemaakt gebruik te kunnen samenvouwen, ten einde het minder plaats te doen innemen, anders zoude een haak zonder scharnier de voorkeur verdienen. Wordt nu het uiteinde $a'$ van het plaatje $a$ op het punt in de teekening geplaatst, en een schietlood D in het oog $b'$ opgehangen, dan brengt men dat punt in de verticaal van het overeenkomstige punt op het terrein door verplaatsing van het geheele planchet met zijn statief, of, wanneer de afwijking slechts gering is, bijv. eenige centimeters bedraagt, door verschuiving van de meettafel ten opzichte van het statief.

§ 133. Ten einde het planchet te kunnen gebruiken, moet het aan de navolgende eischen van regeling en van opstelling voldoen;

*a.* Eischen van regeling.

1°. De richtlijn van het niveau op de liniaal van den kippregel moet evenwijdig zijn met den onderkant van de liniaal.

2°. De draaiingsas van de meettafel moet normaal zijn op het bovenvlak dier tafel.

3°. De draaiingsas van den kijker moet evenwijdig zijn aan het ondervlak der liniaal van den kippregel.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

4°. De vizierlijn en de draaiingsas van den kijker op den kippregel moeten rechthoekig ten opzichte van elkaâr staan.

5°. De vizierlijn van den kijker op den kippregel moet evenwijdig zijn aan de richtlijn van het op dien kijker geplaatste niveau, en bij inspelende bel van dat niveau, moeten die beide lijnen evenwijdig zijn aan het ondervlak der liniaal, terwijl de nonius dan tevens nul moet aanwijzen. Deze laatste eisch uitsluitend voor het meten van verticale hoeken.

*b.* Eischen van opstelling.

1°. Het punt van de meettafel, dat het punt van het terrein voorstelt, van waaruit men de metingen wil verrichten, moet in de verticaal van dat punt gelegen zijn.

2°. Het bovenvlak van de meettafel moet waterpas gesteld zijn.

3°. De meettafel moet georiënteerd zijn.

*Eerste eisch van regeling.* Aan dezen eisch moet voldaan worden, ten einde met het niveau op de liniaal het bovenvlak der meettafel waterpas te kunnen stellen.

De regeling van het niveau geschiedt op de wijze als in § 19 aangegeven. De richtlijn van het niveau is daartoe ten opzichte van het ondervlak der liniaal verplaatsbaar met de schroef *v*, terwijl de spiraal *w* het uiteinde van het niveau aan die zijde opheft en de bevestiging van het niveau op de liniaal aan de andere zijde voor die verplaatsing genoegzaam speling laat.

*Tweede eisch van regeling.* Deze eisch is noodig om het horizontaal gestelde bovenvlak der meettafel bij draaiing om de as *g* (fig. 58) waterpas te doen blijven. Om te onderzoeken of het planchet in dit opzicht geregeld is, stelt men het bovenvlak der meettafel met het op den eersten eisch geregelde niveau, op de in § 22 beschrevene wijze, horizontaal, en draait daarna de meettafel om hare as; blijft het niveau daarbij inspelen, dan heeft de as den gewenschten stand, zoo niet, dan zal men door tusschen den rand *f* en den ring *a* (fig. 57 en 58) reepjes bladtin of eene andere dunne zelfstandigheid te voegen, kunnen trachten, den stand van het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

bovenvlak der meettafel ten opzichte van de as te verbeteren. Daar echter het draaien van de meettafel om de as slechts voorkomt bij het opstellen, niet bij het eigenlijke meten, zoo is een niet geheel normale stand van de as op het bovenvlak der meettafel weinig hinderlijk. Mocht bij eene kleine draaiing van de meettafel tijdens eene meting om hare as, b.v. ter verbetering der oriënteering, het bovenvlak der meettafel eenigszins uit den horizontalen stand gebracht worden, dan kan dit gemakkelijk met de stelschroeven hersteld worden.

*Derde en vierde eisch van regeling.* Daar de te meten hoeken rechtstreeks op het horizontaal gestelde bovenvlak der meettafel moeten worden geprojecteerd, zal, bij beweging van den op dat bovenvlak geplaatsten kijker om zijne draaiingsas, de vizierlijn zich in een verticaal vlak moeten blijven bewegen, hetgeen slechts dan het geval zal zijn, wanneer zij zich daarbij in een vlak beweegt, dat loodrecht staat op de onderzijde van de liniaal. Daartoe moet echter, aan de sub 3 en 4 gestelde eischen van regeling voldaan worden.

Ten einde het instrument op deze eischen te onderzoeken, plaatse men den kippregel op het nauwkeurig horizontaal gestelde bovenvlak der meettafel en richte den kijker, waaraan vooraf het noodige verricht is, om zoowel de kruisdraden als het aan te peilen voorwerp duidelijk te kunnen zien (§ 97), op het hoogste punt eener lange verticale lijn, waartoe b.v. een opgehangen koord met schietlood of de kant van eene loodrechte muur kan dienen, en overtuige zich, of bij beweging van den kijker om zijn as naar beneden, het snijpunt der kruisdraden steeds op de verticale lijn gericht blijft. Is dit niet het geval, dan kan het zijn, dat niet voldaan is aan den zooeven genoemden derden eisch van regeling, doch wel aan den vierden, of ook, dat wel voldaan is aan den derden eisch, maar niet aan de vierden, en eindelijk nog, dat het instrument noch aan den derden noch aan den vierden eisch beantwoordt.

Is de draaiingsas van den kijker *niet* evenwijdig met het ondervlak van de liniaal, doch de vizierlijn van den kijker *wel* loodrecht op diens draaiingsas, dan zal, wanneer men, na

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

in horizontalen stand op de verticale lijn gericht te hebben, den kijker langs die lijn beweegt, het snijpunt der kruisdraden zich niet langs die lijn verplaatsen, maar zich daarvan verwijderen en wel bij eene opwaartsche beweging in tegengestelden zin van bij eene beweging nederwaarts. Het vlak, dat de vizierlijn bij deze bewegingen rechthoekig op de draaiingsas van den kijker beschrijft, zal toch door den scheeven stand van die as niet verticaal zijn, waardoor het snijpunt der draden zich langs eene lijn zal moeten bewegen, welke de verticale lijn juist in het punt snijdt, waarop men gericht was, vóórdat de beweging aanving. Geeft men hierbij aan de vizierlijn dezelfde helling naar boven als naar beneden, dan zullen verder de uitwijkingen van het snijpunt der draden naar boven en naar beneden *even groot* doch *in tegengestelden zin* zijn.

Is daarentegen de draaiingsas van den kijker *wel* evenwijdig met het ondervlak van de liniaal, doch de vizierlijn van den kijker *niet* loodrecht op diens draaiingsas, dan zal, op dezelfde wijze te werk gaande, de vizierlijn bij hare beweging om die as geen plat vlak, doch een kegelvlak beschrijven.

De top van den kegel zal daarbij gevormd worden door het snijpunt van de draaiingsas van den kijker met de vizierlijn, terwijl het vlak door deze beschreven, aan de zijde zal gelegen zijn, waarheen de vizierlijn ten opzichte van de draaiingsas van den kijker helt. Uitgaande van het punt van de verticale lijn, waarop de kijker bij horizontalen stand gericht was, zal dus bij beweging van den kijker op- en nederwaarts het kruispunt der draden *naar één zijde uitwijken*, en voor gelijke op- en nederwaartsche bewegingen *even groot zijn*.

Uit het bovenstaande volgt van zelf, dat wanneer noch de draaiingsas van den kijker evenwijdig is met het ondervlak der liniaal, noch de vizierlijn van den kijker loodrecht staat op diens draaiingsas, bij eene beweging van den kijker op- en nederwaarts, de hierboven voor beide gevallen afzonderlijk beschreven uitwijkingen zich bij elkander zullen voegen, waardoor bij gelijke hellingen naar boven en naar beneden ongelijke uitwijkingen zullen worden verkregen, terwijl die uitwijkingen zoowel *in denzelfden* als *in tegengestelden zin* kunnen plaats hebben.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Om dus de fouten te herkennen, welke ten opzichte van den derden en vierden eisch kunnen aanwezig zijn, richt men bij horizontalen stand van de vizierlijn op eene verticale lijn. Geeft men daarna aan den kijker eene helling naar boven en eene gelijke helling naar beneden, dan duiden *gelijke uitwijkingen in tegengestelden zin* op den niet evenwijdigen stand van de draaiingsas van den kijker met het ondervlak van de liniaal, *gelijke uitwijkingen in gelijken zin* op den niet loodrechten stand van de vizierlijn op de draaiingsas van den kijker en *ongelijke uitwijkingen in denzelfden* of *in tegengestelden zin* op de gelijktijdige aanwezigheid van beide fouten. Ter verbetering van de aldus herkende fouten gaat men als volgt te werk.

Om de draaiingsas van den kijker evenwijdig te brengen aan het ondervlak van de liniaal, moet het voetstuk van den staander, in welks armen de kijkertappen rusten, aan de zijde waar dit noodig blijkt, worden opgeheven.

Men plaatst daartoe, na de vier schroefjes, waarmede dat voetstuk op de liniaal bevestigd is, losgedraaid te hebben, onder de zijde, welke men moet opheffen, zooveel reepjes bladtin of iets dergelijks, dat de afwijking weggenomen is, en draait daarna die schroefjes weder vast.

Om den stand van de vizierlijn ten opzichte van de draaiingsas van den kijker te wijzigen, wordt het diaphragma, waarin de kruisdraden zijn aangebracht, door middel van de daartoe op zijde van de oogbuis aangebrachte correctieschroefjes (waarvan er in fig. 60 bij *z* slechts één zichtbaar is) zooveel noodig in horizontalen zin verplaatst.

Moeten beide fouten bij deze regeling verbeterd worden, dan is het verkieselijk eerst de eerste correctie zoo goed mogelijk te bewerkstelligen, en daarna de tweede aan te brengen, om vervolgens het onderzoek nog eens te herhalen.

Daar het bij het onderzoek van den kippregel op den derden en vierden eisch van belang is het planchet nauwkeurig horizontaal te stellen en wel voornamelijk in eene richting rechthoekig op die van de liniaal, zoo verdient het aanbeveling, gedurende het onderzoek in die richting, een buisniveau op het planchet te plaatsen en zorg te dragen, dat het blijft in-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

spelen. Dat niveau moet daartoe vooraf ten opzichte van zijn onderlaag geregeld zijn (volgens § 19).

Op zijde van den kijker zijn verder nog twee schroefjes $x$ en $x'$ aangebracht, welke met hunne voetpunten tegen de getande staaf rusten, waarmede de oogbuis in- en uitgeschoven kan worden. Door middel van deze schroefjes kan aan den verticalen kruisdraad zoo noodig eene verticale richting gegeven worden. Hoewel het bij de metingen met het planchet met kippregel noodig en voldoende is, dat het snijpunt der kruisdraden bij de beweging van den kijker om zijne horizontale as in een vlak blijft, rechthoekig op den onderkant der liniaal, zoo heeft het toch ook voordeel, dat de geheele verticale, kruisdraad zoo juist mogelijk in dat vlak gelegen zij. Zoodra de vorige regeling is volbracht, blijve men daartoe den kijker op de afgebakende verticale lijn gericht houden, en verstelle de geheele oogbuis en met haar den verticalen kruisdraad door middel van de vermelde schroefjes zoolang, totdat hij de verticale lijn geheel bedekt.

*Vijfde eisch van regeling.* Voor eene zuivere meting der hellingshoeken (positieve en negatieve) moet het nulpunt van den nonius $l$ (fig. 60) met het nulpunt van den verdeelden den rand op den boog C overeenstemmen, wanneer de vizierlijn van den kijker evenwijdig is met het ondervlak der liniaal. Is de kippregel op het horizontaal gestelde planchet geplaatst, dan zal, indien aan dezen eisch is voldaan, de vizierlijn van den kijker horizontaal zijn, zoodra de nulpunten van nonius en verdeelden rand met elkander overeenstemmen.

Elke hellingshoek wordt dan gemeten door den boog begrepen tusschen het nulpunt van den rand en dat van den nonius. Is het nulpunt van den nonius gelegen beneden het nulpunt van den rand, dan is de vizierlijn gericht op een hooger gelegen punt, en is dus de gemeten hellingshoek positief; in het tegengestelde geval duikt de vizierlijn, de kijker is dan gericht op een lager gelegen punt en de hellingshoek is dan negatief. Bij aflezingen bezigt men de teekens + of —, al naar gelang de aflezing geschiedt beneden of boven het nulpunt van den rand.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Komen echter de nulpunten van nonius en verdeelden rand, bij evenwijdigheid van vizierlijn en onderkant van de liniaal, niet overeen, dan zal men bij metingen niet de ware hellingshoek op den rand aflezen, doch eene correctie moeten toepassen.

Stellen we om de gedachte te bepalen, dat bij evenwijdigheid van vizierlijn en onderkant van de liniaal de nonius $+ p$ wijst, dan zal men voor alle positieve hellingshoeken waarden vinden, die $p$ te groot, en voor alle negatieve hellingshoeken waarden, die $p$ te klein zijn; men zal dus bij alle aflezingen (positieve en negatieve) eene correctie $- p$ moeten aanbrengen. Door die correctie $- p$ zullen derhalve bij positieve aflezingen de waarden $p$ kleiner, bij negatieve aflezingen daarentegen grooter worden.

Men noemt in het gestelde geval $- p$ de *indexcorrectie*, terwijl de indexcorrectie met tegengesteld teeken, dus $+ p$, den naam van *indexfout* draagt. Wijst de nonius bij evenwijdigen stand van vizierlijn en onderkant liniaal niet $+ p$, maar $- p$, dan zal natuurlijk de indexcorrectie $+ p$ en de indexfout $- p$ zijn.

De indexfout is derhalve in 't algemeen gelijk aan de aanwijzing van den nonius bij evenwijdigen stand van vizierlijn en onderkant liniaal.

Om de indexfout te bepalen, kieze men — bij voorkeur op een hellend terrein — twee omstreeks 100 meter van elkander verwijderde punten A en B (fig. 61) en sla op elk dier punten een houten piketpaaltje in den grond, zoodat het bovenvlak der paaltjes met den grond gelijk komt. Vervolgens plaatse men den kippregel met behulp van het schietlood zoodanig op het horizontaal gesteld planchet, dat de draaiingsas van den kijker loodrecht boven het punt A gelegen is.

Daarna mete men den afstand AC $= a$, waarop die draaiingsas boven den grond is gelegen, en zette dien van af het voetpunt uit op een baak. Deze baak wordt vervolgens loodrecht in het punt B opgesteld, en met den kijker op het punt D dier baak, dat op den afstand BD $=$ AC $= a$ van den grond verwijderd is, gericht, dan zal, wanneer er geen indexfout bestaat, de hoek DCF $= + \alpha'$ den juisten hellingshoek tusschen de beide punten A en B aangeven.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Brengt men vervolgens het planchet met kippregel naar B over en stelt men het instrument aldaar zoodanig op, dat het bovenvlak van het planchet weder juist horizontaal en de draaiingsas van den kijker verticaal boven het punt B is, meet men vervolgens de afstand BG $= b$, waarop de draaiingsas van den kijker zich nu boven het punt B bevindt, en geve men ook nu weder dien afstand door een merkteeken op de baak aan, stelle men daarna de baak loodrecht op in het punt A en richte men met den kijker op het punt H, dat op den afstand AH $=$ BG $= b$ boven A gelegen is, dan zal, wanneer er geen indexfout bestaat, de hoek KGH $= -\alpha'' = -\alpha'$, dat is gelijk aan de eerste aflezing met tegengesteld teeken, gevonden worden. In beide gevallen zal men dus, wanneer er geen indexfout aanwezig is, voor den hellingshoek hetzelfde aantal graden en onderdeelen daarvan in de aflezingen moeten aantreffen.

Leest men in beide gevallen echter niet hetzelfde aantal graden en onderdeelen daarvan op den rand af, dan wijst dit verschijnsel op het bestaan eener indexfout. Stellen we die indexfout gelijk $+ p$, dan zal dus aan de eerste aflezing $+ \alpha'$ eene correctie $- p$ aangebracht moeten worden, om den juisten hellingshoek $+ \alpha$ van A naar B te vinden:

dus $+ \alpha = + \alpha' - p$.

Dezelfde correctie $- p$ zal ook aan de 2e aflezing $- \alpha''$ aangebracht moeten worden, om den juisten hellingshoek $- \alpha$ van B naar A te vinden.

dus $- \alpha = - \alpha'' - p$.

Beide vergelijkingen bij elkander optellende, vindt men:

$$0 = [(+\alpha') + (-\alpha'')] - 2p, \text{ of}$$
$$+2p = [(+\alpha') + (-\alpha'')], \text{ dus}$$
$$+p = \tfrac{1}{2}[(+\alpha') + (-\alpha'')].$$

Om de indexfout $+ p$ te vinden, heeft men dus de beide aflezingen $+ \alpha'$ en $- \alpha''$ slechts bij elkander op te tellen en door twee te deelen.

Wil men de indexfout wegnemen, dan kan men daartoe langs twee verschillende wegen komen, n. l.:

1°. door de nonius op de juiste elevatie te stellen, dus op $- \alpha$ (gelegen boven den nul van den rand) en vervolgens

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

op het punt H te richten, door het diaphragma met behulp van de daartoe aanwezige correctieschroefjes $y$ en $y'$ (fig. 60) te verplaatsen, en

2°. door op H te richten met behulp van de inrichting voor vastklemmen en fijne beweging, welke op den kijker werkt, en daarna de nonius te verstellen, tot hij de juiste elevatie wijst. Dit laatste, nl. het verstellen van den nonius, is bij den in fig. 60 voorgestelden kippregel mogelijk, doordat de schroefjes, die den nonius aan den stang K vastklemmen, met speling door de in dien stang aangebrachte gaatjes gaan.

Om de juiste hellingshoeken te kunnen vinden, dient dan echter gedurende de meting steeds het ondervlak der liniaal, of wel het bovenvlak van het planchet nauwkeurig waterpas te zijn.

Men kan zich evenwel bij het meten van hellingshoeken met den kippregel van den stand der onderzijde van de liniaal onafhankelijk maken, door de vizierlijn van den kijker evenwijdig te brengen met de richtlijn van het op dien kijker geplaatste niveau D. Is dit nl. het geval, dan heeft men slechts te richten op het punt, waarvan men de elevatie wil bepalen, af te lezen op den rand, vervolgens de bel van het niveau op den kijker door draaiing van den kijker om zijne as te doen inspelen, weer af te lezen en deze aflezing van de eerste af te trekken.

Om de vizierlijn van den kijker, in de veronderstelling dat deze een hoek, dien we $\alpha$ zullen noemen, met de richtlijn van het daarop geplaatste niveau D maakt, evenwijdig te brengen met de richtlijn, kieze men op het terrein vier, in ééne lijn gelegen, punten A, B, C en D (fig. 62) zoodanig, dat BC = CD is, plaatse daarna den kippregel op het bij voorkeur waterpas gestelde planchet met de draaiingsas van den kijker loodrecht boven het punt A, late de bel van het niveau D inspelen, en leze op twee verticaal in de punten B en C opgestelde, gelijk verdeelde baken, de door het snijpunt der kruisdraden aangewezene deelstrepen $a$ en $b$ af.

Maakte de vizierlijn niet de hoek $\alpha$ met de as der libel, doch was zij daarmede evenwijdig, dan zou zij de baken volgens de waterpasse richting $c\,d\,e$ gesneden hebben, en het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

snijpunt der kruisdraden op de verdeelingen $d$ en $e$ gericht geweest zijn.

Brengt men vervolgens het instrument over naar het punt D, en stelt men den kippregel op het weder bij voorkeur horizontaal gestelde planchet, met de draaiingsas van den kijker loodrecht boven dat punt, dan zal, wanneer men wederom de bel van het op den kijker aangebrachte niveau laat inspelen, en met den kijker naar de in C loodrecht geplaatste, nu met hare verdeelde zijde naar D gerichte baak ziet, het snijpunt der kruisdraden op het punt $f$ van die baak gericht zijn. Ware daarentegen de vizierlijn evenwijdig met de as der libel geweest, dan zou zij de in C en B loodrecht geplaatste baken in horizontale richting, dus in de punten $h$ en $g$ gesneden hebben.

Trekt men in fig. 62 de hulplijn $fg$, dan blijkt uit die figuur dadelijk, dat $\triangle fgh$ gelijk en gelijkvormig met de $\triangle fih$, en gelijkvormig met $\triangle bce$ is, waaruit volgt, dat $gf$ parallel met $ab$ en dus $ag = bf$ is.

Men kan nu uit de aflezingen $b$ en $f$ op de baak C de lengte van het stuk $bf$ berekenen, en van uit $a$ op de in B loodrecht geplaatste, naar D gekeerde baak uitzetten, en aldus op die baak het punt vinden, waarop de vizierlijn, om evenwijdig met de richtlijn der libel te komen, moet gericht zijn.

Men verplaatst nu, door middel der daartoe aanwezige verticale correctieschroefjes $y$ en $y'$, het diaphragma in verticalen zin, totdat het punt $g$ door het kruispunt der draden bedekt wordt.

De vizierlijn zal daardoor evenwijdig zijn gebracht met de richtlijn van het op den kijker aanwezige buisniveau.

Wil men nu verder de indexfout kennen, dan stelt men het planchet nauwkeurig waterpas en laat daarna de libel op den kijker inspelen, door den kijker om zijn as te draaien.

Het boogje dat dan tusschen de nulpunten van nonius en verdeelden rand gevormd wordt, zal de indexfout aangeven, en wel met het positieve of negatieve teeken, al naar gelang dat b oogje gelegen is beneden of boven de nulstreep van den rand.

H eeft men aldus de indexfout bepaald, dan kan men voor het meten der hellingshoeken volstaan met ééne meting,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

door nl: op de aflezingen, verkregen na richting op het punt waarvan men de elevatie wil kennen, eene correctie toe te passen gelijk aan den indexfout met tegengesteld teeken genomen (indexcorrectie).

Is de nonius verstelbaar, dan kan men de indexfout wegnemen, door het niveau te doen inspelen en den nonius op nul te stellen. In dat geval is dus de vizierlijn van den kijker niet alleen evenwijdig aan de richtlijn van het niveau, maar bij inspelende bel zijn zij beide evenwijdig aan den onderkant der liniaal, terwijl de nonius dan tevens nul wijst. Daarna kan het meten van de juiste elevatiehoeken door enkele meting zonder toepassing van eenige correctie geschieden. Dit is dus de meest gewenschte *voorwaarde van regeling* bij het gebruik van het planchet met den kippregel voor het *meten van verticale hoeken*.

Is de nonius niet verstelbaar, dan kan men bij de zooeven beschreven bewerking, om de vizierlijn van den kijker evenwijdig te brengen met de richtlijn van het niveau, zorgdragen, de indexfout van den aanvang of weg te nemen.

Men heeft daartoe bij die bewerking slechts het planchet in beide standpunten A en D (fig. 62) nauwkeurig waterpas te stellen en de nulstreep van den nonius dadelijk, met behulp van de inrichting voor vastklemming en fijne beweging, met de nul op den verdeelden rand te doen overeenstemmen, waarna het niveau met de correctieschroefjes, welke bij $u'$ op de richtlijn van dat niveau werken, tot inspelen gebracht wordt.

Na de berekening van het punt $g$ op de baak B, wordt de vizierlijn van den kijker op dat punt gericht, door verstelling van de correctieschroefjes $y$ en $y'$, welke op het diaphragma werken.

Gedurende deze regeling is het van belang de juiste samenvalling van de nulstrepen van nonius en rand, het inspelen van de bel van het niveau D en den horizontalen stand van het planchet, voortdurend in het oog te houden.

Heeft men op deze wijze de kippregel geregeld, dan zullen:
de richtlijn van het niveau D,
de vizierlijn van den kijker,
de richtlijn van het niveau F en

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

de onderkant van de liniaal
aan elkander evenwijdig zijn, indien de nonius nul wijst.

*Eerste eisch van opstelling.* Het onderzoek of het punt van het planchet, dat het punt van het terrein voorstelt, van waaruit men de metingen wil verrichten, in de verticaal van dat punt gelegen is, geschiedt met behulp van het schietlood, hetzij met, hetzij zonder de daarbij behoorende haak, op de wijze als hiervoren in § 132 werd aangegeven.

*Tweede eisch van opstelling.* Het waterpas stellen van het bovenvlak der meettafel kan geschieden met behulp van een los buis- of doosniveau, of met behulp van het geregelde niveau F.

Het voldoen aan de eerste en tweede eisch van opstelling is noodzakelijk voor eene juiste overbrenging der te meten hoeken op het bovenvlak van de meettafel.

*Derde eisch van opstelling.* Het planchet moet georiënteerd zijn, d. w. z., de lijnen die reeds op de meettafel getrokken zijn, moeten evenwijdig loopen met de overeenkomstige lijnen op het terrein.

Men kan daartoe bij het begin der meting gebruik maken van de op den bovenkant der liniaal geplaatste oriënteerboussole G. Men plaatse daartoe den kippregel met den kant BB′ der liniaal langs de op het bovenvlak der meettafel aangenomen magnetische noordlijn, en draaie daarna de meettafel zoolang, totdat de beide punten der magneetnaald overeenkomen met de op den verdeelden rand der boussole evenwijdig met den kant der liniaal aangegeven lijn NZ, waarbij de geblauwde naaldpunt naar N moet gericht zijn.

Heeft men echter vóór de meting er voor gezorgd, dat op het planchet eene lijn getrokken is, die bepaald wordt door het beginpunt der meting, waar het instrument opgesteld wordt, en door een tweede verafgelegen punt van het terrein, dan is het veiliger de oriënteering van het planchet te bewerkstelligen door de liniaal met den zijkant BB′ langs die lijn te plaatsen en vervolgens door draaiing van het planchet den kijker op het tweede punt te richten.

Het is duidelijk dat het vervullen van de drie genoemde voorwaarden van opstelling steeds hand aan hand moet gaan.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Men zal dus eerst beginnen met op het oog, door het stellen van den drievoet en het draaien van het planchet om zijn as, te trachten aan die voorwaarden te doen. Daarna moet men met de opgegeven hulpmiddelen de opstelling verbeteren en, zoo daarbij eene belangrijke verplaatsing van het planchet noodig mocht zijn, de bewerking nogmaals herhalen.

§ 134. Het bovenvlak van het planchet moet een volkomen plat vlak zijn. Is dit het geval, dan zal, in welke richting men, na de waterpasstelling van dit bovenvlak, daarop den kippregel ook plaatse, steeds de bel van het op de liniaal geplaatste buisniveau moeten blijven inspelen. Wijkt de bel echter in den eenen of anderen stand van den kippregel uit, dan is het bovenvlak van het planchet niet volkomen vlak, en moet dit gebrek door afschaving der oneffenheden verholpen worden.

De kant BB′ van de liniaal van den kippregel moet een zuiver rechte lijn zijn. Hiervan kan men zich gemakkelijk overtuigen, door, langs dien kant op het bovenvlak van het planchet eene fijne potloodlijn te trekken, de liniaal om te draaien, en met denzelfden kant aan de andere zijde van de getrokken lijn aan te leggen. Is de onderzochte kant een volmaakt zuiver rechte lijn, dan zal een in den tweeden stand der liniaal daarlangs getrokken potloodlijn de eerste volkomen bedekken. Zoo niet, dan moet door afslijping van dien kant der liniaal getracht worden de fout te verbeteren.

Ook moet de kant BB′ der liniaal evenwijdig zijn met de vizierlijn van den kijker, opdat de langs dien kant op het bovenvlak der meettafel getrokkene lijnen evenwijdig zullen zijn aan de met den kijker gepeilde richtingen.

Eene afwijking in dat opzicht zal echter, wanneer de geheele carteering met denzelfden kippregel plaats heeft, hetgeen bijna altijd het geval is, slechts een fout in de oriënteering ten gevolge hebben. Om eventueele fouten te verbeteren, zou men de kanten der liniaal door afslijping zooveel noodig moeten wijzigen. Men volstaat echter meestal met de fout, zoo zij aanwezig is, te constateeren, en later de oriënteering van de kaart daarnaar te regelen.

Om die fout te vinden, plaatse men den kippregel op het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waterpas gestelde bovenvlak van het planchet, en richte, door draaiing van het geheele planchet, de vizierlijn van den kijker op een omstreeks 60 meter verwijderde, loodrecht opgestelde baak, plaatse vervolgens twee fijne lange naalden zoo juist mogelijk verticaal op het bovenvlak der meettafel zuiver langs den te onderzoeken kant der liniaal op een onderlingen afstand van omstreeks 6 decimeters, en overtuige zich, of beide naalden, wanneer men daar langs ziet, ook de baak bedekken; zoo ja, dan zijn beide vizierlijnen evenwijdig. Is echter de door de naalden afgebakend lijn niet op de baak gericht, dan zal men den hoek, dien zijn kant met de vizierlijn van den kijker maakt, op de navolgende wijze leeren kennen.

Na de richting van den liniaal met potlood op het bovenvlak der meettafel aangegeven te hebben, verstelt men de voorste der naalden zoolang, totdat zij de baak bedekt, en trekt daarna deze nieuwe richting wederom met potlood op het bovenvlak der meettafel. De hoek, door die beide potloodlijnen gevormd, zal dan de gezochte afwijking zijn.

De nauwkeurigheid der verdeelingen op den verdeelden rand van den boog C (fig. 60) alsmede van die op den nonius *l* kan onderzocht worden op de wijze aangegeven in § 37.

§ 135. Nadat het instrument behoorlijk opgesteld en geregeld is, kan men op de volgende wijze de projectie van een op het terrein gegeven hoek op het bovenvlak van de meettafel uitzetten.

Men plaatse in de richting der beide beenen van den op het terrein gegeven hoek baken, en vizeere met den kippregel, van uit het als hoekpunt op het bovenvlak der meettafel aangenomen punt, achtereenvolgens in de richting dier beide baken.

Men stelle daartoe den vooraf geregelden kippregel met den kant der liniaal nauwkeurig langs het hoekpunt op de meettafel, en verschuive daarna, terwijl de kant der liniaal steeds juist langs het hoekpunt gehouden en het bovenvlak der meettafel niet verplaatste wordt, het vooreinde der liniaal zoolang, totdat de aangepeilde baak door de verticale kruisdraad in den kijker volkomen wordt bedekt. De gezochte richting wordt daarna door middel van eene fijne langs den kant der liniaal getrokken potloodlijn op het bovenvlak der meettafel aangegeven.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Vervolgens richt men de liniaal op gelijke wijze op de tweede baak, en bepale de richting daarvan op het bovenvlak der meettafel wederom, door langs den kant der liniaal eene fijne potloodlijn te trekken. De beide potloodlijnen zullen dan de projectiën der beenen van den gegeven hoek op het bovenvlak van het planchet voorstellen.

Men dient echter na te gaan of het planchet zich bij de instelling op de tweede baak niet verplaatst heeft, en brenge daartoe de liniaal tot contrôle nogmaals in de eerste richting, om zich te overtuigen, of de kant der liniaal nog volkomen zuiver de eerstgetrokken potloodlijn bedekt. Is dit het geval, dan heeft er geene verplaatsing van het bovenvlak van het planchet plaats gehad.

Om de helling van het standpunt van den waarnemer naar een gegeven punt in het terrein te leeren kennen, plaatse men in dit punt eene baak, waarop door een merkteeken een afstand is uitgezet, die, te rekenen van haar voeteinde, gelijk is aan de hoogte van de draaiingsas van den kijker boven het punt van waarneming. Vervolgens brenge men den kippregel in de richting van de baak, en richte het snijpunt der kruisdraden nauwkeurig op het op de baak aangebrachte merkteeken.

Is tijdens de waarneming de onderzijde der liniaal waterpas gebleven, hetgeen men uit den stand van de bel der luchtbelbuis op de liniaal kan nagaan, dan is de aanwijzing van den nonius op den verdeelden verticalen rand, zoo noodig gecorrigeerd voor de aan het instrument eigene indexfout, de gezochte hellingshoek.

Is het ondervlak der liniaal niet meer waterpas, dan dient men dit vlak vóór de meting van den hellingshoek, door middel der drie tot aangrijpingspunten dienende stelschroeven I, K en L van de liniaal, horizontaal te brengen.

Is de vizierlijn evenwijdig gebracht met de richtlijn der libel op den kijker, dan behoeft dit laatste niet.

## IV. De theodoliet.

§ 136. De *theodoliet* is een instrument, dienende tot het meten

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van horizontale en van verticale hoeken (§ 115). Over de afleiding van het woord theodoliet is veel gestreden. Het is echter aan geen redelijken twijfel onderhevig, of het is afgeleid van de Grieksche woorden *thea* (het zien), *hodos* (de weg of ook het middel om iets te verrichten) en *lithos* (de steen), daar het instrument vroeger en ook nu nog bij het gebruik veelvuldig op steenen onderlagen gesteld wordt.

Er zijn verschillende soorten van theodolieten die, alhoewel in de onderdeelen soms belangrijk van elkander afwijkende, in hoofdzaak toch steeds aan elkander gelijk zijn.

§ 137. Ten einde een juist begrip te geven van de bestemming der voornaamste, samenstellende deelen van den theodoliet en van de eischen waaraan deze deelen moeten voldoen, zal eene korte uiteenzetting voorafgaan van den grondvorm van dit instrument.

De theodoliet heeft in groote trekken de navolgende inrichting (fig. 63).

De cirkelrand HH′ met ingelegden, verdeelden, zilveren reep *rr′* dient tot het aflezen van horizontale hoeken, en rust, door middel van een voetstuk VV′, op drie stelschroeven S, S′, S″ (deze laatste in de figuur niet zichtbaar), waarmede hij horizontaal kan worden gesteld; hieraan ontleent deze rand den naam van *horizontaalcirkel* of *horizontalen cirkelrand*; hij wordt echter ook wel kortweg *eerste cirkelrand* geheeten.

In hetzelfde vlak en geheel sluitend aan de binnenzijde van den verdeelden reep *rr′*, ligt een andere cirkelvormige plaat AA′, *alhidadecirkel*, genoemd.

Deze *alhidadecirkel*, met diametraal tegenover elkander staande noniën *n* en *n′*, is draaibaar om een as CC′, de *eerste* of *verticale as* genaamd, welke, loodrecht op het vlak van dien cirkel, juist in het midden er van aangebracht is, en dus ook loodrecht op en in het midden van den horizontaalcirkel staat.

Op het vlak van den alhidadecirkel zijn twee staanders D en D′ bevestigd, eindigende in tappannen, dienende tot het opnemen van de tappen van de *tweede* of *horizontale as*, welke vast aan den kijkerbuis verbonden, of daarmede een geheel uitmakende, met den kijker mededraait, en aldus de draaiingsas van den kijker vormt.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De kijker voert bij zijne beweging een verdeelden cirkelrand R mede, die loodrecht op de horizontale as staat, en welke dient om de beweging van den kijker om die as te meten; de aflezing op dezen rand geschiedt met behulp van een wijzer, voorzien van een of twee noniën, bevestigd aan den staander D.

De aan den kijker bevestigde cirkelrand wordt *verticaalcirkel* of *verticalen cirkelrand* genoemd, omdat hij den verticalen stand aanneemt, zoodra de horizontaalcirkel horizontaal is gesteld; deze cirkelrand wordt echter ook wel kortweg *tweede cirkelrand* geheeten. Ten slotte heeft het instrument nog een niveau L om de eerste as verticaal te stellen; in fig. 63 is dit niveau op den kijker bevestigd, het wordt echter ook wel op den alhidadecirkel geplaatst in het vlak, waarin de kijker zich, bij zijne draaiing om de tweede as, beweegt.

§ 138. Om met het beschreven instrument horizontale en verticale hoeken te kunnen meten, wordt het op een statief gesteld, met de eerste as loodrecht boven het hoekpunt van den te meten hoek, en behoort de as zelve tevens verticaal gebracht te worden, met behulp van het niveau L en de stelschroeven S, S′ en S″.

§ 139. Om met den op die wijze opgestelden theodoliet horizontale hoeken te kunnen meten, of, wat hetzelfde is, om de daarmede te meten hoeken, in projectie, dadelijk op het vlak van den horizontaalcirkel af te kunnen lezen, zal de projectie van de vizierlijn van den kijker op dat vlak door het gemeenschappelijke middelpunt van den horizontaal- en van den alhidadecirkel moeten gaan, m. a. w. het verlengde van de eerste as zal de vizierlijn moeten snijden.

Van grooten invloed op de aflezing is ook de excentriciteit van den horizontalen cirkelrand, d. i. het niet samenvallen van het middelpunt van dien rand met zijn draaipunt, hier de eerste as.

Door aflezing met behulp van twee diametraal tegenover elkander staande noniën wordt deze fout echter te niet gedaan.

De tweede as moet verder rechthoekig op de eerste as en de vizierlijn rechthoekig op de tweede as staan. Stelt men namelijk, als aan die eischen voldaan is, het instrument met de eerste as verti-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

caal boven het hoekpunt van den te meten hoek op, dan zal men den kijker achtereenvolgens langs de beenen van den hoek richtende, door aftrekking der aflezingen, op den horizontalen rand onmiddellijk den horizontalen hoek verkrijgen.

Immers in beide richtingen van den kijker worden door de vizierlijn en de verticaal staande eerste as de horizontaal projecteerende vlakken van de hoekbeenen bepaald, met die as als gemeene doorsnede. De horizontale rand, rechthoekig op die gemeene doorsnede staande, zal dan den standhoek geven tusschen die twee projecteerende vlakken, d. i. de te meten horizontale hoek.

Staat de tweede as niet rechthoekig op de eerste as, maar de vizierlijn wel rechthoekig op de tweede as, dan zal het, bij de draaiing van den kijker door de vizierlijn beschreven, platte vlak niet rechthoekig staan op den horizontaalcirkel, en men verkrijgt in dit geval dus ook niet de horizontale projectie van den hoek, welken men meet.

Staat de vizierlijn niet rechthoekig op de tweede as, maar deze wel rechthoekig op de eerste as, dan zal zij bij eene draaiing van den kijker om die as geen plat vlak, maar een kegelvlak beschrijven, dat dus nimmer een horizontaal projecteerend vlak kan zijn.

Het niveau dient, zooals wij reeds gezien hebben, in de eerste plaats om de eerste as verticaal te kunnen stellen. Het moet daartoe voldoen aan de voorwaarden genoemd in § 21.

In de tweede plaats dient het niveau ter verkrijging van een vergelijkingslijn bij het meten van verticale hoeken. Immers is de eerste as met behulp van het niveau juist verticaal gesteld, dan zal de richtlijn van het niveau juist horizontaal zijn, en, in hetzelfde verticale vlak met de vizierlijn gelegen, tevens de horizontale projectie van die vizierlijn vormen. Daar nu, zooals vroeger (§ 115) reeds gezegd is, onder verticale hoeken verstaan moeten worden de hoeken tusschen de richtingen en hunne horizontale projectiën, zoo zullen de met den theodoliet te meten verticale hoeken onmiddellijk op den tweede cirkelrand afgelezen worden, indien men slechts zorg draagt, dat de vizierlijn van den kijker

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

evenwijdig is met de richtlijn van het niveau, als de noniën van dien tweeden cirkelrand nul wijzen.

Bij het meten van de verticale hoeken is dus de lijn, welke de nulpunten der beide noniën verbindt, en die bij horizontalen stand van de vizierlijn samenvalt met de lijn, welke de nulpunten op den rand van den verticaalcirkel vereenigt, de vergelijkingslijn.

§ 140. Behalve dat men, door te voldoen aan de hiervoren opgegeven voorwaarden van regeling, fouten bij het meten kan voorkomen, is het bij de hierna te behandelen theodolieten nog mogelijk de meting zoodanig in te richten, dat alle fouten, welke door onvoldoende regeling kunnen ontstaan, geëlimineerd worden.

Het bovenstel van den theodoliet is tot dat doel n.l. zoodanig ingericht, dat de kijker kan worden *doorgeslagen*, d.w.z., dat men hem zoodanig om de as kan wentelen, dat het oculair aan de zijde komt, waar aanvankelijk het objectief was, zonder dat daarbij het bovenstel om de eerste as gedraaid behoeft te worden.

Theodolieten, waarvan de kijker kan worden doorgeslagen, dragen den naam van *compensatietheodolieten*.

Meet men nu den hoek eerst met den kijker in den gewonen en daarna met dien in den doorgeslagen stand, dan is het gemiddelde van deze beide metingen de waarde van den te meten hoek en worden alle fouten, voortspruitende uit de onnauwkeurige regeling van den theodoliet, buiten rekening gebracht.

Heeft men n.l. in den gewonen stand van den kijker eene hoekmeting verricht, dan zullen de aldus verkregen resultaten door de bestaande fouten van het instrument van de ware waarde van den hoek in positieven of negatieven zin afwijken. Slaat men daarna den kijker door, om de meting met dezen kijkerstand nogmaals te verrichten, dan zullen de fouten van het instrument zich in dezelfde mate ook in de nu te verkrijgen resultaten doen gevoelen, doch door den symmetrischen bouw van het instrument nu in tegengestelden zin als bij de meting in gewonen kijkerstand. De fouten van het instrument, die zooeven eene afwijking van de ware

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waarde van den gezochten hoek gaven in positieven of negatieven zin, zullen dus weer even groote afwijkingen vertoonen, doch nu respectievelijk in negatieven of positieven zin. De ware waarde van den hoek zal dus gevonden worden door middeling van de resultaten, in beide kijkerstanden verkregen.

Dezelfde uitkomst, het elimineeren namelijk van de fouten van regeling, is ook te verkrijgen, indien de theodoliet gelegenheid geeft den kijker in zijne pannen om te leggen, zoodanig dat ook nu weder het objectief komt, waar eerst het oculair was, zonder het bovenstel om de eerste as te draaien. Zulk een theodoliet is bijv. de hierna te behandelen theodoliet van „*Pistor* en *Martins*".

### *a.* De Theodoliet van Pistor en Martins.

§ 141. Het onderstel V (fig. 64 en 65) is bestemd om geplaatst te worden op een statief, waarvan het bovenvlak voorzien is van drie messingen plaatjes $p$, $p'$ en $p''$, welke tot steunpunten der stelschroeven $s$, $s'$ en $s''$ moeten dienen.

De uiteinden van de koppen dezer stelschroeven zijn scherp, zoodat onder elk dier steunpunten het een of ander metalen voorwerp — bijv. een muntstuk — aangebracht moet worden, indien het instrument niet op het statief, doch op eene andere onderlaag, welke voor indringing vatbaar is, gebruikt wordt.

De armen $a$ van het onderstel, waarin de moeren der stelschroeven gesneden zijn, zijn ingericht als die van het planchet; zij vormen de verbinding tusschen die stelschroeven en den horizontalen cirkelrand $h\,h'$, welke in het midden de kegelvormig afgedraaide eerste as D draagt.

Beneden aan het onderstel, in het verlengde van de eerste as, is een oog O bevestigd, bestemd tot het ontvangen van den haak H van een, met een koperen spiraal omgeven, schroefstang S.

Het eene uiteinde van deze spiraal rust in eenen uitgeholden, houten klos K, het andere op eene, langs den schroefdraad van de stang, beweegbare moer $m$.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Door het opwaarts schroeven van de moer $m$ wordt de spiraal samengedrukt, de klos tegen het uitgeholde ondervlak van den kop van het statief geklemd, en het instrument vast met het statief verbonden. Men moet de spiraal niet te veel samendrukken, daar anders het oog O te sterk naar beneden getrokken, en de werking der stelschroeven daardoor belemmerd wordt.

Onder aan het uiteinde der schroefstang S bevindt zich nog een koperen haakje, waaraan het schietlood kan worden opgehangen, dat dienen moet om de as van het instrument nauwkeurig boven het punt van waarneming te plaatsen.

De horizontaalcirkel $h\,h'$ heeft eene middellijn van nagenoeg 17 centimeters.

De daarin aangebrachte zilveren rand $r\,r'$ is in zesde deelen van graden, of in 2160 gelijke deelen verdeeld.

In het midden van dien verdeelden rand, en loodrecht op het vlak daarvan, verheft zich de kegelvormige, stalen eerste as D, aan het bovenuiteinde voorzien van eenen schroefgang. Deze as is met schroeven aan den horizontaalcirkel verbonden, zooals uit fig. 65 blijkt.

Het bovenvlak van den horizontaalcirkel loopt naar het midden eenigszins kegelvormig op, ter vergemakkelijking der aflezingen. Alle doorsneden van vlakken, rechthoekig op de eerste as, met dit kegelvlak, zijn gelijkmiddelpuntige cirkels, wier middelpunten in die as gelegen en wier vlakken waterpas zijn, zoodra deze as loodrecht gesteld is. De verdeeling van den rand is op zulk een cirkelvormige kegelsnede aangebracht, en zal dus horizontaal zijn, zoodra de eerste as verticaal is gesteld.

De alhidadecirkel AA′ heeft twee diametraal tegenover elkander staande zilveren noniën $n$ en $n'$, (fig. 65), wier bovenvlakken in hetzelfde kegelvlak gelegen zijn met het bovenvlak van den horizontaalcirkel, terwijl de verdeeling van de noniën juist sluit tegen die op den cirkel. Daar zestig noniusdeelen overeenkomen met 59 randdeelen, ieder van 10 minuten, is aflezing tot in tientallen en schatting tot in vijftallen van secunden op den horizontalen rand mogelijk.

In het midden van den alhidadecirkel is een holle, kope-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

ren kegel E bevestigd, die over de eerste as geschoven, deze juist omvat en, op de wijze als in de figuur aangegeven, den alhidadecirkel, met het geheele bovenstel dat daarop rust, dragend ondersteunt. Ten einde de bovenvlakken van rand en nonius juist tegen elkander te kunnen doen sluiten en de wrijving van den koker E op de as D eenigszins te kunnen verminderen, is tusschen de moer, die den koker van boven afsluit, en den kokerwand een veerplaatje aangebracht; de alhidadecirkel kan door deze inrichting vrij om de eerste as draaien.

Door middel eener inrichting voor vastklemmen en fijne beweging (fig. 64 en 65, in verband met fig. 16 *a* en *b* en § 40) kan echter de beweging van den alhidadecirkel ten opzichte van den horizontaalcirkel naar willekeur beperkt of geheel opgeheven worden.

In den alhidadecirkel bevinden zich boven de beide noniën twee rechthoekige openingen, die aan de bovenzijde door glasplaatjes G en G′ gesloten zijn.

Deze glasplaatjes, waardoor zoowel de noniën als de daaraan sluitende deelen van den horizontaalcirkel zichtbaar zijn, worden met schroefjes op de zijden en aan den rand van den alhidadecirkel op hunne plaats gehouden.

De lichtschermpjes I (fig. 64), ook wel *illuminatoren* genoemd, dienen om het licht op de verdeelingen terug te kaatsen, en aldus de aflezingen te vergemakkelijken.

Een koperen ring R, beweegbaar om den kegel E, draagt twee stangen, aan wier opwaarts gebogen uiteinden twee enkelvoudige microscopen of loupen L en L′, tot het aflezen der noniën, in cylindervormige buisjes zijn aangebracht. Deze microscopen kunnen naar het oog van den waarnemer gesteld worden.

Op het bovenvlak van den alhidadecirkel, en evenwijdig met het vlak, waarin de kijker zich bij zijne draaiing om de tweede as beweegt, bevindt zich een buisniveau T, voorzien van een correctieschroefje *l*, waardoor de stand van de richtlijn in verticalen zin gewijzigd kan worden.

Verder bevinden zich op dien alhidadecirkel de twee staanders W en W′, daarop bevestigd op de wijze, als in fig. 65

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

aangegeven is. Zij eindigen in tappannen, waarin de tappen van de horizontale of tweede as komen te liggen. Om deze tweede as, die met den kijker U een geheel vormt en dus de draaiingsas van den kijker is, in de tappannen op te sluiten, dienen de veerkleppen $q$ en $q'$.

De kijker kan niet om zijne draaiingsas doorgeslagen worden. De veerkleppen geopend zijnde, kan hij echter met zijne tappen uit de ligplaatsen getild, en daarin zoodanig omgelegd worden, dat de tappen weder in hunne oorspronkelijke ligplaatsen komen, doch het oculair van den kijker aan de zijde komt, waar zich eerst het objectief bevond.

De kijker heeft eene astronomische oogbuis van *Ramsden* en eene achromatische voorwerplens.

Het diaphragma, waarin de kruisdraden zijn aangebracht, is door de twee schroeven $t$ en $t'$ (de laatste in de figuur niet zichtbaar) slechts zijwaarts verschuifbaar; op- of nederwaarts kan het niet bewogen worden.

Ter weerszijden van de getande staaf, waarmede, met behulp van het op den kijker geplaatste rondsel, de oogbuis van den kijker in- en uitgeschoven kan worden, bevinden zich twee schroeven $b$ en $b'$, (de laatste in fig. 64 niet zichtbaar), waarmede deze geheele buis met de daarin aangebrachte kruisdraden om hare mechanische as eenigszins kan gedraaid worden, waardoor de gelegenheid bestaat, om, na regeling van het instrument, den verticalen draad zoodanig te plaatsen, dat hij evenwijdig komt met de eerste as.

Op den kijker en rechthoekig op de tweede as, is aan twee uitstekende borsten $v$ en $v'$ een buisniveau T′ bevestigd, aan de zijde $v'$ voorzien van een correctieschroefje, (in de figuur niet zichtbaar), waardoor de stand van de richtlijn in verticalen zin kan gewijzigd worden.

De verticaalcirkel Z, dienende tot het meten van verticale hoeken, is rechthoekig op de tweede as geplaatst tusschen den kijker en den staander W, en zoodanig met de kijkertappen verbonden, dat hij alle bewegingen van den kijker volgt.

Op het verzilverde buitenvlak van den verticaalcirkel is eene verdeeling in derde deelen van graden aangebracht, welke van twee nulpunten uit in beide richtingen tot 90° loopt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Van den staander W, en daarmede vast verbonden, gaan aan de binnenzijde, in nagenoeg horizontale richting, twee vaste armen $w$ en $w'$ uit. Aan de uiteinden dier armen, dus diametraal tegenover elkander, zijn twee verzilverde noniën $d$ en $d'$ aangebracht (de eerste in de figuur niet zichtbaar). Deze noniën, welke om de schroefjes $x$, $x'$, $x''$ en $x'''$, waarmede zij aan die armen bevestigd zijn, als spil kunnen bewogen worden, en daarom *klepnoniën* genoemd worden, zijn ieder, ter weerszijden van een nulpunt, verdeeld in 40 gelijke deelen, overeenstemmende met 39 deelen van den verticaalcirkel, welke — zooals boven reeds aangegeven werd — ieder 20′, groot zijn. Het verschil tusschen een rand- en een noniusdeel bedraagt derhalve $\frac{1}{40}$ van 20′, of 30″.

Door schatting kan men bij eenige oefening nog tot 15″ aflezen.

Het zijn dubbele noniën; de deelen zijn dus van de nulpunten uit naar beide zijden genummerd.

Op de armen $w$ en $w'$ bevinden zich lichtschermpjes I″ en I‴.

Aan de buitenzijde van den staander W is met eene schroef, waarom zij als spil kan draaiën, eene gebogene stang $y$ bevestigd, aan wier uiteinden, in koperen buizen, zich twee verschuifbare loupen N en N′ bevinden, ter vergemakkelijking der aflezingen op den verticaalcirkel.

Aan den tap van den kijker aan de zijde van den staander W′ is, ten behoeve der instelling, eene inrichting tot vastklemmen en fijne beweging aangebracht.

§ 142. Ten einde met den beschreven theodoliet op eenig punt, zoowel horizontale als verticale hoeken te kunnen meten, moet het instrument, in verband met de in de vorige § beschrevene inrichting, aan de navolgende eischen *van regeling* en *van opstelling* voldoen.

### *a. Eischen van regeling.*

1°. De richtlijn van de op den alhidadecirkel geplaatste libel moet rechthoekig zijn op de eerste as.

2°. De tweede as moet rechthoekig staan op de eerste as.

3°. De vizierlijn van den kijker moet rechthoekig staan op de tweede as.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

4°. De richtlijn van het niveau op den kijker moet evenwijdig zijn aan de vizierlijn, en als de eerste as verticaal gesteld is, moeten de noniën op den tweeden cirkelrand nul aanwijzen, zoodra dat niveau inspeelt.

*b. Eischen van opstelling.*

1°. Het midden van het instrument moet zich loodrecht boven het standpunt bevinden.

2°. De eerste as moet verticaal staan.

*Eerste eisch van regeling.* Het rechthoekig brengen op de eerste as van de richtlijn der op den alhidadecirkel geplaatste libel, of van de richtlijn van het niveau op den kijker, moet plaats hebben op de wijze in § 21 aangegeven.

Daarna moet de eerste as op de in § 24 vermelde wijze verticaal gesteld worden.

*Tweede eisch van regeling.* Om te onderzoeken of de tweede as rechthoekig staat op de eerste as, plaatst men den theodoliet voor een muur en laat daarop een punt aangeven, op een hoogte boven den grond ongeveer dubbel zoo groot als die van de tweede as van het instrument.

Vervolgens richte men den kijker op dat punt en geve, na de alhidade aan den horizontalen rand vastgeklemd te hebben, den kijker gelijke helling naar beneden, zoodat nu op den voet van de muur gericht is. Ter plaatse, waarop nu de kijker gericht is, stelle men een dubbelen decimeter langs den voet van den muur en teekene op, waar deze door den verticalen kruisdraad bedekt wordt.

Daarna legt men den kijker in zijne tappen om, richt, door draaiing van het bovenstel om de eerste as, weder op het oorspronkelijk op den muur aangegeven punt, en geeft, na andermaal de alhidade vastgeklemd te hebben, den kijker wederom gelijke helling naar beneden, dan moet, als aan den gestelden eisch voldaan is, de verticale draad ook weder gericht komen op het punt van den dubbelen decimeter, dat zooeven door dien draad bedekt werd. Is dit niet het geval, dan staat de tweede as niet rechthoekig op de eerste as. Teekenen wij dan echter aan, op welk punt van den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

dubbelen decimeter de vizierlijn nu gericht is, dan is, uit de afwijking van dit punt ten opzichte van het eerst afgelezene, gemakkelijk te beslissen in welken zin de tweede as van zijn rechthoekigen stand ten opzichte van de eerste as afwijkt. Plaatst men zich namelijk met het gezicht naar dien muur, met het instrument vóór zich, en is de laatste aflezing op den dubbelen decimeter aan de linkerzijde van de eerste aflezing gelegen, dan helt bij den laatsten stand van den kijker (omgelegd in de tappen) het rechter gedeelte van de tweede as naar beneden en moet dus, door tusschenvoeging van bladtin of iets dergelijks tusschen den rechter staander en den alhidadecirkel, de rechter tappan en daarmede ook de tweede as aan die zijde een weinig opgeheven worden. Daarna zal men het onderzoek nog eens moeten herhalen, ten einde de correctie zoo noodig te voltooien.

Ten einde het bladtin tusschen de staanders en den alhidadecirkel te kunnen voegen, is het natuurlijk noodig de schroeven, waarmede die staanders onder den alhidadecirkel bevestigd zijn (in fig. 65 ter zijde van A en A′ zichtbaar), los te draaien, waartoe de moer, welke om het boveneinde van de eerste as aangebracht is, losgedraaid en de alhidadecirkel van de as afgenomen moet worden. Vooraf dient echter de kijker van de staanders genomen te worden.

Behalve door het tusschenvoegen van bladtin, kan men de correctie ook aanbrengen, door den onderkant van den anderen staander voorzichtig, met behulp van fijn schuurpapier, zooveel noodig af te slijpen.

*Derde eisch van regeling.* Ten einde te onderzoeken of de vizierlijn van den kijker rechthoekig staat op de tweede as, richt men den kijker in ongeveer horizontalen stand op een scherp waarneembaar punt en leest daarna op den eersten cirkelrand de beide noniën af. Vervolgens legt men den kijker in zijne tappen om, draait het bovenstel om de eerste as, totdat men weer op hetzelfde punt gericht is, en leest weer beide noniën af.

Blijkt uit de beide aflezingen, dat bij de beweging om de eerste as het bovenstel juist 180° gedraaid is, dan staat de vizierlijn rechthoekig op de tweede as, zoo niet, dan zal het-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

geen het bovenstel meer of minder dan 180° gedraaid heeft, het dubbel van de afwijking zijn.

Immers waar in den gewonen stand van den kijker de vizierlijn naar de eene zijde van den rechthoekigen stand op de tweede as afweek, zal zij in den omgelegden stand evenveel naar de andere zijde daarvan afwijken en dus ook de dubbele afwijking de oorzaak zijn van het verschil der aflezingen. Is men op die wijze tot de gevolgtrekking gekomen, dat de vizierlijn niet rechthoekig staat op de tweede as, dan zal men, om de fout in den onderlingen stand van vizierlijn en tweede as weg te nemen, in den laatsten (den omgelegden) stand van den kijker, met behulp van de inrichting voor vastklemming en fijne beweging van den horizontalen rand, de noniën zoodanig stellen, dat nu het bovenstel juist 180° omgedraaid is. De kijker is daardoor niet meer gericht op het aangenomen punt en de afwijking komt overeen met het dubbele van de fout. Men heeft dus nu, uitsluitend met behulp van de correctieschroefjes, welke in horizontale richting op het diaphragma werken, die afwijking voor de helft weg te nemen en het onderzoek, en zoo noodig de correctie, te herhalen.

Een ander middel om te onderzoeken of de vizierlijn van den kijker loodrecht staat op diens draaiingsas, is het navolgende. De theodoliet op een eenigszins uitgestrekt veld, met de eerste as verticaal, opgesteld zijnde, plaatse men op 100 en 200 meters afstand daarvan, twee baken S′ en S (fig. 66) zooveel mogelijk verticaal en zuiver in de richting van de vizierlijn van den kijker, zoodat beiden door den verticalen kruisdraad volkomen bedekt worden. Daarna legge men den kijker met zijne tappen in de ligplaatsen om, zoodat objectief en oculair onderling van plaats verwisselen, en stelle nauwkeurig in de richting, waarheen de vizierlijn nu gekeerd is, eene baak S″. Zijn deze drie baken S, S′ en S″ in ééne rechte lijn gelegen, dan is de vizierlijn van den kijker rechthoekig op zijne draaiingsas, doch in het ontkennende geval niet.

Want stelt *de* de draaiingsas en OV de vizierlijn van den kijker voor, dan zijn de baken S en S′ in het verlengde der rechte lijn OV gelegen. Was de vizierlijn loodrecht op de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

draaiingsas *de*, dan moest, na de omlegging van den kijker, de nieuwe vizierlijn O′V′ met de vroegere vizierlijn OV samenvallen, en derhalve de baak S″ in dezelfde rechte lijn met de baken S en S′ gelegen zijn.

Wanneer daarentegen de vizierlijn OV scheef staat op de draaiingsas *de*, dan kunnen de richtingen OV en O′V′, en dus de lijnen OS en O′S″ niet samenvallen.

Uit de plaatsing der baken ten opzichte van het instrument weet men spoedig, naar welke zijde het snijpunt der kruisdraden met de zijdelings op het diaphragma werkende schroefjes moet verplaatst worden.

Men herhale de proef zoolang, tot de gewenschte stand van de vizierlijn ten opzichte van de tweede as verkregen is.

In de derde plaats kan men den stand der vizierlijn ten opzichte van de tweede as op het terrein ook als volgt onderzoeken.

Men richt op een willekeurig punt, draait door omlegging in de tappen den kijker 180° om de tweede as, en laat in de richting, die nu door de vizierlijn aangegeven wordt, een baak plaatsen.

Vervolgens draait men het bovenstel van het instrument om de eerste as, totdat de kijker weer op het eerste punt gericht is. Legt men nu ten tweeden male den kijker in zijne tappen om, en geeft de vizierlijn dan weer dezelfde richting aan als na de eerste omlegging, dan is de vizierlijn rechthoekig op de tweede as, zoo niet, dan komt de afwijking overeen met het *viervoud* van de fout in den stand der vizierlijn. Is de afwijking groot en wil men de fout wegnemen, dan heeft men, na den kijker de laatste maal omgelegd te hebben, slechts op den horizontalen rand af te lezen, daarna op de baak te richten, weder af te lezen en het verschil dier aflezingen door vier te deelen, vervolgens zooveel terug te draaien als door het gevonden quotiënt aangegeven wordt, de klemschroef van den alhidadecirkel flink vast te draaien, en eindelijk, alleen met behulp van de horizontale correctieschroefjes, welke op het diaphragma werken, weder op de baak in te stellen. Daarna herhale men de bewerking.

Om zich echter geheel onafhankelijk te maken van rand-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

aflezingsfouten, herstelle men de eventueel overgebleven fout, door $\frac{1}{4}$ van de afwijking zelve met behulp van de correctieschroefjes weg te nemen. De baak moet daartoe van een verdeeld dwarshout, ter plaatse van het punt waarop gericht wordt, voorzien zijn.

Is aldus zorg gedragen, dat de theodoliet voldoet aan de drie eerstgenoemde eischen van regeling, dan kunnen daarmede reeds dadelijk horizontale hoekmetingen verricht worden.

*Vierde eisch van regeling.* Wil men het instrument ook bezigen voor de meting van verticale hoeken, dan moet men de indexfout (§ 133) van het instrument kennen, en deze met het omgekeerde teeken als indexcorrectie bij de gemetene hoeken in rekening brengen.

Zooals we in § 139 reeds gezien hebben, dient bij het meten van verticale hoeken, het niveau ter bepaling eener vergelijkingslijn. We zouden daartoe het niveau kunnen bezigen, dat op den alhidadecirkel aangebracht is, en dan als eisch moeten stellen, dat de vizierlijn van den kijker evenwijdig zij met de richtlijn van dit niveau, als de noniën op den tweeden cirkelrand nul aanwijzen.

Daar echter bij den theodoliet van Pistor en Martins ook een niveau op den kijker is aangebracht, is het doelmatiger de richtlijn van dit niveau tot het bepalen der vergelijkingslijn te bezigen en den eisch te vervullen, dat de richtlijn van dat niveau evenwijdig is aan de vizierlijn van den kijker, en, de eerste as juist verticaal gesteld zijnde, bij inspelende bel, de noniën op den tweeden rand nul aanwijzen.

Zooals reeds in § 140 uiteengezet werd, kan de ware waarde van een elevatiehoek gevonden worden door middeling van de resultaten, verkregen bij meting eerst met den kijker in gewonen stand en daarna met den kijker in omgelegden stand. Heeft men op die wijze de juiste elevatiehoek leeren kennen, dan zal, wanneer het instrument niet voldoet aan de voorwaarde, dat de richtlijn van het niveau op de alhidade evenwijdig is aan de vizierlijn van den kijker als de noniën op den tweeden rand nul aanwijzen, het verschil tusschen de eerste aflezing en het gevonden gemiddelde van den elevatiehoek, de indexfout zijn van den kijker in gewonen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

stand, terwijl het verschil tusschen de tweede aflezing en dat gemiddelde de indexfout is voor den kijker in omgelegden stand. Deze fouten met het omgekeerde teeken genomen, geven de indexcorrectiën aan voor de bijbehoorende kijkerstanden.

Hierbij dient in het oog gehouden te worden, dat bij aflezing op den rand van den theodoliet van Pistor en Martins die, zooals we reeds gezien hebben, van twee nulpunten uitgaande, in twee richtingen van $0° - 90°$ verdeeld is, de eene helft der dubbele noniën moet gebruikt worden voor de aflezing van positieve elevatiehoeken en de andere voor die van negatieve elevatiehoeken, en dat men bij elken hoek tevens het daarbij behoorende teeken moet stellen.

Zij b. v. de aflezing van den kijker bij gewonen stand $+ 9° 30'$ en die in omgelegden stand $+ 9° 40'$, dan is de waarde van den elevatiehoek het gemiddelde der beide aflezingen of $+ 9° 35'$, waardoor de indexfout bij gewonen stand $(+ 9° 30') - (+ 9° 35') = - 5'$, en de indexcorrectie $+ 5'$ is, terwijl bij omgelegden stand de indexfout $(+ 9° 40') - (+ 9° 35') = + 5'$ en de indexcorrectie dus $- 5'$ zal zijn.

Om de richtlijn van het niveau op den kijker nu evenwijdig te brengen aan de vizierlijn, kan men handelen als volgt. Na de eerste as met behulp van het op den alhidadecirkel geplaatste niveau verticaal gebracht te hebben, stelle men den kijker zoodanig, dat de noniën eene aflezing geven, gelijk aan de indexfout, dan is de vizierlijn daardoor zuiver horizontaal gekomen; brengen we nu de richtlijn van het op den kijker geplaatste niveau met behulp van het correctieschroefje van dat niveau nauwkeurig tot inspelen, dan is daardoor ook de richtlijn horizontaal en bijgevolg evenwijdig aan de vizierlijn.

Wil men daarna de indexfout wegnemen, dan moet men den stand van kijker en tweeden cirkelrand met behulp van de aan dien rand voorhandene inrichting voor vastklemmen en fijne beweging verzekeren, en daarna de noniën zoodanig met behulp van de schroefjes $x, x', x''$ en $x'''$ verplaatsen, dat zij op den rand nul aanwijzen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het spreekt van zelf, dat deze bewerking om den indexfout weg te nemen slechts dan van toepassing kan zijn, indien deze een kleine waarde heeft, daar de noniën slechts over een zeer beperkten afstand verstelbaar zijn.

Wil men geen gebruik maken van de gelegenheid tot omleggen van den kijker, dan zal men op de volgende wijze tot de regeling der vizierlijn ten opzichte van de richtlijn kunnen komen.

Is de richtlijn van het niveau op den kijker evenwijdig aan de vizierlijn en deze dus bij inspelende bel horizontaal, dan stelt de theodoliet ons in staat de daling van het terrein tusschen twee punten A en B (fig. 67) te bepalen, door het instrument boven het eene punt op te stellen, in het andere punt een zelfleesbaak loodrecht te plaatsen en bij inspelende bel daarop af te lezen. Die aflezing, verminderd met de hoogte van de tweede as van het instrument boven het punt A, geeft n.l. de daling aan van het terrein van A naar B.

Zij de aflezing op de baak, $BC = H$, de hoogte van de tweede as boven A, $AO = h$, de daling van A naar B, $BQ = d$; dan is $d = H - h$.

Indien we nu het instrument als boven in B opstellen, de baak in A plaatsen, en op dezelfde wijze de klimming van het terrein van B naar A bepalen, dan zal, bij evenwijdigheid van richtlijn en vizierlijn, de aflezing $AC' = H'$, de hoogte van de tweede as boven B, $BO' = h'$, en de klimming, $AQ' = k$ stellende, $k = h' - H'$ zijn.

Daar nu verder de daling van het terrein van A naar B gelijk aan de klimming van B naar A en dus $d = k$ is, zal, ook in de veronderstelling dat richtlijn en vizierlijn onderling evenwijdig zijn, $H - h = h' - H'$ moeten zijn, waaruit volgt: $H + H' = h + h'$. . . . . (1)

Is echter de richtlijn van het niveau niet evenwijdig aan de vizierlijn, dan zal bij inspelende bel de vizierlijn niet horizontaal zijn, en dus ook de daling van het terrein van A naar B niet gevonden worden, door eenvoudig van de aflezing op de baak in B, de hoogte van de tweede as van het instrument boven het punt A af te trekken.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Immers bij inspelende bel zal de vizierlijn nu ten opzichte van het horizontale vlak, dat men zich door de tweede as van het instrument gebracht kan denken, afwijken. Helt de vizierlijn naar beneden, dan zal de aflezing op de baak in B kleiner zijn, dan eerst het geval was, en men voor de daling van A naar B eene te kleine waarde krijgen.

Om de grootheid H te verkrijgen, zal men bij de baakaflezing $BD = a$ dus nog een grootheid $x$ moeten voegen, gelijk aan de afwijking van de vizierlijn, uit het horizontale vlak door de tweede as gaande, over den afstand AB, waardoor $d = (a + x) - h$ wordt.

Evenzoo zal men bij de meting uit B naar A de aflezing $AD' = b$ met diezelfde grootheid $x$ moeten vermeerderen, om H te verkrijgen, waaruit volgt:

$k = h' - (b + x)$, en daar $(a + x) - h = h' - (b + x)$, is

$$x = \frac{(h' + h) - (a + b)}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Helt bij inspelende bel de vizierlijn naar boven, dan zal de aflezing op de baak in B grooter zijn, dan eerst het geval was, en zou men voor de daling van A naar B eene te groote waarde krijgen.

Om dus nu de grootheden H en H′ te verkrijgen, zal men van de baakaflezingen $BE = a'$ en $AE' = b'$ nog eene grootheid $x'$ moeten aftrekken, n.l. de afwijking der vizierlijn uit het horizontale vlak door de tweede as gaande over den afstand AB, en krijgen we derhalve:

$d = (a' - x') - h$ en $k = h' - (b' - x')$, waaruit volgt:

$(a' - x') - h = h' - (b' - x')$ en

$$x' = \frac{(a' + b') - (h' + h)}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Uit de vergelijkingen (1), (2) en (3) volgt, dat wanneer de richtlijn van het niveau en de vizierlijn van den kijker onderling niet evenwijdig zijn, doch de vizierlijn bij horizontale richtlijn naar beneden helt, de som van de instrumenthoogten grooter is, dan de som van de baakaflezingen, en het halve verschil dier sommen de helling naar beneden aangeeft van de vizierlijn over den afstand AB.

Helt de vizierlijn bij horizontale richtlijn naar boven, dan



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

zal de som der baakaflezingen grooter zijn dan de som der instrumenthoogten, en het halve verschil dier sommen de verheffing zijn der vizierlijn over den afstand AB.

Wil men in de beide boven aangegeven gevallen de vizierlijn van den kijker evenwijdig brengen aan de richtlijn van het niveau, dan heeft men slechts te richten op een punt dat respectievelijk $x$ hooger of $x'$ lager gelegen is dan het punt, waarop de vizierlijn aanvankelijk gericht was; deze komt dan horizontaal.

Brengt men daarna de bel, die nu natuurlijk niet meer inspeelt, wederom met behulp van de correctieschroef, die op de richtlijn van het niveau werkt, tot inspelen, dan komt ook deze horizontaal en derhalve evenwijdig aan de vizierlijn.

Slechts zelden zal men er in slagen vizier- en richtlijn reeds bij eene eerste poging daartoe, evenwijdig aan elkander te brengen. Men zal dus steeds de bewerking moeten herhalen.

*Eerste eisch van opstelling.* Ten einde het midden van het instrument loodrecht boven het standpunt te kunnen plaatsen, wordt aan den haak, welke zich daartoe onder aan het klemtoestel bevindt, dat tot bevestiging van het instrument op het statief dient (fig. 65 en 64), een schietlood opgehangen. Door het statief zoo lang te verplaatsen, totdat dit schietlood, na vaststelling en aanklemming der statiefbeenen, juist boven het punt waar men het instrument moet gebruiken, hangt, wordt aan dezen eisch voldaan.

*Tweede eisch van opstelling.* De verticaalstelling van de eerste as geschiedt zooals in § 24 is aangegeven. Aan dezen eisch van opstelling dient te worden voldaan, vóórdat men tot het onderzoek naar de sub 2, 3 en 4 vermelde eischen van regeling kan overgaan.

Daar bij den theodoliet van *Pistor* en *Martins* de kijker in zijne tappen omgelegd kan worden, kunnen, zooals in § 140 werd vermeld, door het waarnemen in twee kijkerstanden, nog overgebleven fouten van regeling buiten rekening gebracht worden.

§ 143. Bij de keuring behoort onderzocht te worden:

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

1°. *Of het middelpunt van den alhidadecirkel met dat van den horizontaalcirkel, en het middelpunt van den verticaalcirkel met dat van de verdeeling op de noniën aan dien cirkel, samenvalt.*

Stelt (fig. 68) $c$ het middelpunt van den horizontaalcirkel of van den verticaalcirkel, $m$ het middelpunt van den alhidadecirkel of van de verdeeling op de nonius voor, dan wordt de uitmiddelpuntigheid dier beide cirkels door de lijn $cm$ aangegeven.

Meet men met eenen theodoliet, bij welken deze uitmiddelpuntigheid bestaat, eenen hoek $l\,m\,p = w$, dan verkrijgt men voor dezen hoek uit de aflezingen bij $b$ en $d$ den boog $b\,d$, welke zijn middelpunt in $c$ heeft, en in grootte overeenstemt met den hoek $d\,c\,b = w'$ in stede van met den verlangden hoek $d\,m\,b = w$.

Trekt men in de figuur de lijn $b\,d'$, dan volgt uit driehoek $d'm\,b$, $w = \angle\, b\,d'\,d + \angle\, b'\,b\,d'$, en daar deze hoeken gemeten worden door de halve bogen $b\,d$ en $b'd'$, is:
$w = \frac{1}{2}\,(b\,d + b'\,d')$.

Hieruit leert men dus het middel kennen, om, zonder de uitmiddelpuntigheidsfout te bepalen, de juiste grootte van den hoek $w$ te verkrijgen, en wel door het gemiddelde te nemen der aflezingen van de beide noniën.

2°. *Of de verdeeling op de cirkelranden en noniën voldoende nauwkeurig is.*

Dit onderzoek is zeer moeielijk, wanneer het zeer nauwkeurig moet geschieden. Bij den theodoliet bepaalt men zich echter meestal tot eene verificatie, zooals die aan het slot van § 37 werd aangegeven.

3°. *Of de eerste as loodrecht staat op het vlak van den horizontaalcirkel, en of de verticaalcirkel rechthoekig is op de draaiingsas van den kijker* (*tweede as*).

In het algemeen kan aangenomen worden, dat bij instrumenten, door eenen bekwamen instrumentmaker afgeleverd, aan deze eischen geheel en al wordt voldaan.

Wil men echter het instrument ook in dit opzicht onderzoeken, dan kan dit op de volgende wijze geschieden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Na de moer, waarmede de eerste as van boven opgesloten is, losgemaakt te hebben, stelle men deze verticaal. Vervolgens lichte men den alhidadecirkel met kijker, en al wat hij verder draagt, voorzichtig van den horizontaalcirkel af, en onderzoeke den stand van dezen rand, door daarop eene vooraf geregelde, gevoelige libel in alle richtingen te plaatsen.

Blijft de libel inspelen, dan staat de verdeelde rand waterpas, en derhalve loodrecht op de eerste as.

Wijkt de luchtbel echter in de eene of andere richting af, dan is in die richting het vlak van den verdeelden rand niet loodrecht op de alhidadeas, en zal de grootste fout in de richting dáár zijn, waar de grootste afwijking van de luchtbel plaats vond.

Na het nemen dezer proef, moet men den alhidadecirkel wederom op den horizontaalcirkel plaatsen, om zich te overtuigen of de eerste as steeds loodrecht is blijven staan.

Eene kleine afwijking van den horizontaalcirkel uit den waterpassen stand zal echter van uiterst geringen invloed zijn op de grootte der te meten hoeken.

Ten einde na te gaan, of de verticaalcirkel loodrecht staat op de draaiingsas van den kijker, draaie men dezen met den daaraan verbonden verticaalcirkel langzaam rond, en lette op, of bij die beweging de cirkel steeds zonder te slepen, tegen het noniusplaatje blijft aansluiten.

Verwijdert zich bij die ronddraaiing het vlak van den cirkel hier of daar aanmerkelijk van het noniusplaatje, om juist bij het daartegenoverstaande gedeelte van den rand langs dat plaatje te slepen, dan is dit een bewijs, dat de verticaalcirkel niet rechthoekig op de draaiingsas is.

§ 144. Na het geregelde instrument opgesteld te hebben, als in § 142 is aangegeven, kan men overgaan tot de hoekmeting.

Men richte den kijker daartoe nagenoeg op het meest links gelegen hoekpunt, draaie de klemschroeven van de horizontaal- en verticaalcirkels aan, en brenge voorts met de beide micrometerschroeven het snijpunt der kruisdraden juist tot samenvalling met het beeld van het punt. Vervolgens leze men de beide noniën van den alhidadecirkel af, en schrijve het afgelezene op.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Hierna make men de alhidade- en verticaalcirkels los, en stelle den kijker, op dezelfde wijze als voor het eerste punt werd aangegeven, op het tweede, rechts gelegen punt in, leze wederom de beide noniën op den alhidadecirkel af, en verkrijgt nu den te meten horizontalen hoek, door de overeenkomstige noniusaflezingen van elkander af te trekken, en het gemiddelde te nemen van de twee voor den hoek gevonden waarden, waardoor eene mogelijk aanwezige fout van excentriciteit wordt geëlimineerd (§ 143).

In de meeste gevallen wordt bij de hoekmetingen met dit instrument elke richting in twee standen van den kijker afgelezen, n.l. in den gewonen en in den omgelegden stand, ten einde ook de na de regeling, overgeblevene fouten van het instrument buiten rekening te brengen (§ 140).

Voor het meten van verticale hoeken wordt het instrument opgesteld, en op het punt, waarvan men den elevatiehoek wil meten, gericht, op dezelfde wijze als hiervoren voor horizontale hoeken is aangegeven; verder worden beide noniën afgelezen, om, door het gemiddelde van die aflezingen te nemen, de mogelijke fout van excentriciteit te ontwijken.

Wil men door slechts eenmaal te richten de elevatie bepalen, dan moet de theodoliet volkomen geregeld zijn, òf men moet de indexcorrectie in rekening brengen op de wijze als in § 142 aangegeven is.

Het verdient echter aanbeveling ook bij verticale metingen steeds den kijker in twee standen te bezigen en de resultaten te middelen, om daardoor de fouten, welke ook hier uit eene onvoldoende regeling kunnen voortspruiten, te elimineeren.

### *b.* De Theodoliet van Breithaupt.

§ 145. De samenstelling van dit instrument (fig. 69), wijkt slechts in enkele onderdeelen af van den reeds beschreven theodoliet van *Pistor en Martins*

Het onderstel V rust wederom op drie stelschroeven $s$, $s'$ en $s''$, waarmede de, met dat onderstel één geheel vormende, verdeelde horizontaalcirkel H H′ waterpas kan gesteld worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De bijzondere inrichting der stelschroeven, die van het statief, en de wijze waarop het instrument met dit statief verbonden kan worden, zijn reeds vroeger aan het slot van § 43 (fig. 20) beschreven.

De stalen, kegelvormige alhidadeas is bij den theodoliet van *Breithaupt* niet aan den verdeelden horizontaalcirkel, doch loodrecht op het midden van den alhidadecirkel A A′ bevestigd, en benedenwaarts gekeerd.

Het cylindervormige gedeelte C van het onderstel is tot het doorlaten van de alhidadeas zoodanig kegelvormig doorboord, dat de uitholling die as juist omgeeft, en de vlakken van de horizontaal- en alhidadecirkels, zoowel als hunne middelpunten en draaiingsassen, samenvallen.

Het onder het onderstel, met een schroef opgesloten uiteinde der alhidadeas rust op eene in het holle bovengedeelte van den stang S S′ aangebrachte, aan haar boveneinde met een koperen plaatje voorziene, spiraal (fig. 20), waardoor de alhidadecirkel een weinig ondersteund, en zijne draaiende beweging om de alhidadeas vergemakkelijkt wordt.

Deze ondersteuning mag er echter niet toe leiden, dat de alhidadecirkel opgelicht wordt, daar anders de noniën van den alhidadecirkel niet meer nauwkeurig tegen den verdeelden rand van den horizontaalcirkel zullen aansluiten, waardoor verschilzicht (parallax) kan ontstaan, en het aflezen der horizontale hoeken bemoeilijkt wordt. Wordt de alhidadecirkel en dus ook de alhidadeas opgelicht, dan ontstaat er bovendien speelruimte tusschen die as en den haar omgevenden cylinder C, waardoor de alhidadecirkel, met al wat hij draagt, zijn evenwicht verliezen zal, en het onmogelijk wordt, de libellen op dien cirkel en op den kijker tot inspelen te brengen.

De horizontaalcirkel is van 0° tot 360° in derde deelen van een graad of 20′ verdeeld, terwijl de noniën van den alhidadecirkel 40 deelen bevatten, welke gezamenlijk met de lengte van 39 randdeelen overeenstemmen.

Met den theodoliet van *Breithaupt* kunnen derhalve horizontale hoeken tot in halve minuten nauwkeurig afgelezen worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De alhidade- en de horizontaalcirkel kunnen door eene inrichting voor vastklemmen en fijne beweging M, ingericht als die beschreven in § 39 en afgebeeld in fig. 14, onderling verbonden, en daarna nog een weinig ten opzichte van elkander verplaatst worden.

Op het midden van het bovenvlak van den alhidadecirkel is een dooslibel zoodanig ingelaten, dat haar richtvlak met het vlak van dien cirkel samenvalt.

De dooslibel moet op de in § 29 aangegevene wijze zoodanig geregeld worden, dat haar richtvlak loodrecht staat op de alhidadeas, en derhalve evenwijdig is met het vlak van den horizontalen verdeelden rand.

De kijker K is een astronomische kijker met oogbuis van *Huijgens* en achromatische voorwerplens.

De kruisdraden bij dezen kijker kunnen door de vier schroefjes *i*, welke op het diaphragma werken, zoowel in horizontale als in verticale richting verplaatst worden, waardoor bij dit instrument ook gelegenheid bestaat, de indexfout bij den verticaalcirkel, door verplaatsing van de vizierlijn van den kijker in verticalen zin, weg te nemen.

Op den kijker is een luchtbelbuis L geplaatst, waarvan de richtlijn op de § 142 beschrevene wijze evenwijdig ten opzichte van de vizierlijn van den kijker kan worden gesteld.

De kijker, welke doorgeslagen kan worden, rust met twee in zijn midden elkander tegenoverstaande tappen, die als draaiingsas dienen, in de aan de uiteinden van twee dragers D en D′ aanwezige ligplaatsen, welke door met schroeven daaraan bevestigde sluitstukken gesloten zijn.

De beide dragers rusten met hunne onderkanten op een plaat P, waardoor zij onderling verbonden zijn. Deze plaat wordt met drie schroeven $a, a'$ en $a''$, wier moeren in het vlak van den alhidadecirkel gesneden zijn, en waarvan de eerste aan de zijde van den drager D, en de beide laatsten aan de zijde van den drager D′ gelegen zijn, op het bovenvlak van den alhidadecirkel bevestigd.

Om de schroef $a$ is echter nog eene andere stelschroef $b$ aangebracht, die met haar uiteinde op genoemd bovenvlak rust, en wier moer in de plaat P zelve is gesneden. Door

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

middel van deze schroef kan de drager D zoo noodig eenigszins opgelicht, en de ligging der draaiingsas van den kijker ten opzichte van het gemeenschappelijke vlak der alhidade- en horizontaalcirkels daardoor gewijzigd worden.

In het midden van de plaat P bevindt zich een in die plaat beweegbare ring R, welke met twee schroefjes *c* (waarvan een in de figuur niet zichtbaar), daarop wordt vastgehouden. Aan twee aan dien ring verbondene, opstaande armen *d* en *d'* zijn om de schroefjes *e* en *e'* beweegbare dragers *f* en *f'* aangebracht, waarin de enkelvoudige microscopen *m* en *m'* met de daarom verplaatsbare lichtschermpjes *r* en *r'* op en neder geschoven kunnen worden, al naar gelang dit tot aflezen der noniën van den alhidadecirkel noodzakelijk mocht blijken.

Deze microscopen en lichtschermpjes kunnen door hunne gemakkelijke verplaatsbaarheid zoodanig boven de, in het bovenvlak van den alhidadecirkel aangebrachte, en aan de bovenzijden met glasplaatjes G gesloten, openingen worden geplaatst, dat de daardoor zichtbare, verdeelde rand en noniën nauwkeurig kunnen worden afgelezen.

In het open, middelste gedeelte van den ring R kan het bovenvlak der dooslibel en de stand harer bel worden waargenomen.

De verticaalcirkel Z is aan den (fig. 69) naar den beschouwer gekeerden kijkertap aan de binnenzijde van den drager D verbonden, en volgt de bewegingen van den kijker om zijne draaiingsas.

Aan den drager zelven is een noniusboog N bevestigd, die met zijnen verdeelden rand nauwkeurig tegen de verdeeling van den vertikaalcirkel aansluit.

De vertikaalcirkel is ter weerszijden van twee nulpunten van 0° tot 90° tot in halve graden verdeeld.

De, tot het gemak der aflezing eenigszins hellend op het vlak van dien cirkel aangebrachte, verdeeling van den noniusboog bevat 30 gelijke deelen, in lengte overeenstemmende met 29 randdeelen, waardoor de vertikale hoeken tot in minuten nauwkeurig kunnen worden afgelezen.

Daar slechts één nonius voor aflezingen op den verticaal-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

cirkel aanwezig is, kunnen eventueel aanwezige excentriciteitsfouten bij dezen cirkel niet geëlimineerd worden.

Om eene in den kijkertap aangebrachte schroef $g$ als spil, is een gebogen stang $h\,h'$ in haar midden beweegbaar. Aan het eene uiteinde van die stang bevindt zich een verschuifbaar microscoop $m''$ met daarom draaibaar lichtschermpje $r''$, terwijl aan het andere uiteinde een bolvormig tegenwicht, tevens handvatje, is bevestigd. Men kan daardoor de microscoop met het lichtschermpje zoodanig plaatsen, dat de verdeelde verticale rand en zijn nonius gemakkelijk kunnen worden afgelezen.

De andere kijkertap doorboort het boveneinde van een aan de binnenzijde van den drager D' geplaatste stang E, welke aan haar ondereinde met eene aan dien drager bevestigde inrichting voor fijne beweging M' is verbonden.

De kijker kan zich in gewonen toestand vrij om zijne draaiingsas bewegen, zonder daarin door de stang E belemmerd te worden.

Draait men echter de klemschoef F aan, dan wordt die stang met den kijkertap verbonden, en kan de kijker nog slechts kleine verplaatsingen in het verticale vlak met behulp van de micrometerschroef ondergaan.

§ 146. De theodoliet van *Breithaupt* wordt nagenoeg geheel op gelijke wijze geregeld, opgesteld, gekeurd en gebruikt, als hiervoren bij den theodoliet van *Pistor* en *Martins* werd aangegeven.

De kleine afwijkingen, welke de inrichting van eerstgenoemd instrument in deze bewerkingen zal brengen, kunnen zonder nadere aanduiding uit de inrichting afgeleid worden.

### c. De repetitietheodoliet van Hildebrand en Schramm.

§ 147. Wil men bij horizontale hoekmetingen nauwkeuriger resultaten bereiken, dan verkregen kunnen worden door de hoeken met den theodoliet eenmaal in gewonen en eenmaal in omgelegden of doorgeslagen kijkerstand te meten, dan moet men die hoeken, door verplaatsing van den theodoliet in verschillende standen, meermalen op verschillende deelen van

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den horizontalen rand meten, en het gemiddelde van de uitkomsten dier metingen aannemen. Met de reeds behandelde theodolieten een hoek b. v. driemaal in verschillende standen van het instrument metende, zal men dus zesmaal moeten richten, twaalfmaal moeten aflezen (beide noniën gebruikende), uit die aflezingen driemaal den hoek moeten berekenen en uit die uitkomsten door optelling en deeling het gemiddelde moeten afleiden.

De repetitie-theodolieten stellen echter in staat de *horizontale* hoeken meermalen te meten, door slechts viermaal af te lezen en zonder dat het noodig is den theodoliet te verplaatsen. Daartoe is het onderstel van deze instrumenten op bijzondere wijze ingericht.

§ 148. Zulk een repetitietheodoliet is b. v. de bij den topographischen dienst in gebruik zijnde repetitietheodoliet van *Hildebrand en Schramm*, voorgesteld in fig. 70 en 71.

Bij dit instrument draagt de horizontale cirkelrand HH (fig. 71), die bij de andere theodolieten met de stelschroeven als 't ware een geheel vormt, in haar midden een holle kegel C, waarin de as B van den alhidadecirkel AA (eerste as) juist past.

Die holle kegel C sluit op hare beurt weder juist om de kegelvorming uitgeboorde bus D, die met de stelschroeven verbonden is.

Door het aanbrengen van fijne olie tusschen de assen van alhidade- en horizontaalcirkel en ook tusschen deze laatsten en de bus D, wordt de wrijving tusschen die deelen zooveel mogelijk weggenomen.

Door de beschrevene inrichting kan in de eerste plaats de alhidadecirkel met het bovenstel om de as van den kegel B (eerste as) ten opzichte van het geheele onderstel draaien. Ten einde te voorkomen, dat bij die beweging de holle kegelvormige as C, waaraan de horizontale rand bevestigd is, wordt medegevoerd, klemt men vooraf, met behulp van de klemschroef E, de as C aan de bus D vast.

In de tweede plaats kan men de klemschroef G aandraaien, waardoor de horizontaalcirkel met den alhidadecirkel verbonden wordt, zoodat, wanneer de klemschroef E losgedraaid

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

is, het bovenstel om de as van den hollen kegel C in de bus D vrij draaien kan, en bij deze beweging die beide cirkels gezamenlijk worden medegevoerd.

Draait men de beide klemschroeven E en G beiden gelijktijdig aan, dan is het geheele bovenstel aan het onderstel verbonden. Door de micrometerschroef F kan dan echter aan den kijker in horizontalen zin nog eene geringe beweging medegedeeld worden, zonder dat de stand van den alhidadecirkel ten opzichte van den horizontalen rand eene wijziging ondergaat.

Door de micrometerschroef H′ kan verder de stand van den alhidadecirkel met het geheele bovenstel in horizontalen zin eenigszins ten opzichte van den met het onderstel verbonden, horizontalen rand gewijzigd worden.

De meetkundige assen der kegels B en C moeten samenvallen, of althans onderling evenwijdig zijn, en respectievelijk rechthoekig op en in het midden van de cirkels AA en HH staan.

Op den alhidadecirkel (fig. 70) zijn twee staanders I en I′ stevig bevestigd. De boveneinden dezer staanders vormen de pannen voor de tappen van de tweede as K, die aan de eene zijde met den tweeden cirkelrand L vast verbonden is.

Met die tweede as vormt de kijker, die juist boven de eerste as — dus centrisch — geplaatst is, één geheel. De tweede as is derhalve de draaiingsas van den kijker. Aan de zijde tegenover die, waar zich de tweede cirkelrand bevindt, is eene inrichting voor vastklemmen en fijne beweging aangebracht.

Door het aandraaien van de klemschroef P wordt n.l. de beweging van den kijker in het verticale vlak verhinderd, terwijl daarna door de micrometerinrichting Q, die op den stang O en daarmede op de tweede as werkt, nog slechts fijne bewegingen aan den kijker medegedeeld kunnen worden.

De kijker is een astronomische, voorzien van een oculair van *Ramsden*; de kruisdraden bevinden zich dus buiten het oculair. Op den kijker, en vast daarmede verbonden, bevindt zich een buisniveau $N_1$ met correctieschroefje *c*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Op de tweede as staat een ruiterniveau $N_2$ met correctieschroefjes $a$, $a'$, $b$ en $b'$.

Het raampje R, dat door een stang vast met den staander I verbonden is, behoedt dit niveau tegen afvallen.

Eindelijk is nog een buisniveau $N_3$ op een dwarsarm van den staander I' bevestigd; dat niveau dient tot contrôle.

De eerste cirkelrand is verdeeld in derde deelen van graden. De verdeeling loopt van nul rechts om, dus in de richting van de wijzers van een uurwerk, tot 360 door. De aflezing op dien rand geschiedt met behulp van twee zoogenaamde *afleesmicroscopen* $M_1$ en $M_2$ die aan de armen T en T', boven de in den alhidadecirkel AA uitgespaarde openingen, waardoor de horizontale rand zichtbaar is, diametraal tegenover elkander staan.

Die openingen zijn met glasplaatjes gedekt, ten einde den rand tegen beschadiging te vrijwaren en zooveel mogelijk stofvrij te houden. De armen T en T' dragen den naam van *microscopendragers*.

Fig. 72[a] geeft zulk een microscoop in ware grootte, in doorsnede over het midden van den drager, te zien, terwijl fig. 72[b] een standgezicht op dat microscoop is, van de zijde van den drager gezien, waarbij de overeenkomstige deelen door dezelfde letters als in fig. 72[a] aangegeven zijn.

Deze samengestelde microscoop bestaat in 't algemeen uit een objectief $o$ en een oculair $ab$. Het objectief heeft een zeer kleine brandpuntsafstand, terwijl het voorwerp (de verdeelde rand) in de nabijheid van, en even vóór dat brandpunt wordt geplaatst, zoodat het door het objectief gevormde beeld op betrekkelijk grooten afstand achter het objectief wordt gevormd.

Daar de microscoop op een kleinen afstand van het beschouwde voorwerp geplaatst is, wordt de scherpte van het beeld verkregen, door het geheele microscoop ten opzichte van het voorwerp te verplaatsen, en niet door den afstand van objectief en oculair te wijzigen zooals bij den kijker het geval is (§ 97), hetgeen daar evenwel noodzakelijk is, omdat eene kleine verplaatsing van den geheelen kijker bij den grooten afstand, waarop het voorwerp er van verwijderd is, niets zoude uitwerken.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Om sterker vergrooting te verkrijgen, moet men den afstand van het oculair tot het objectief vergrooten, m. a. w. het microscoop langer maken.

Door de sterke vergrooting wordt echter de helderheid belangrijk verminderd. Het beschouwde voorwerp moet dus zoo goed mogelijk verlicht worden, waartoe bij de microscopen $M_1$ en $M_2$ de illuminatoren $i$ en $i'$ (wier inrichting uit de figuren 70, $72^a$ en $72^b$ voldoende duidelijk blijkt), aangebracht zijn.

Voor de stelling van het microscoop in den stand, welke voor het doel het meest gewenscht is, zijn de noodige inrichtingen aangebracht.

Ter plaatse van het door het objectief gevormde beeld, bevindt zich in de microscoop een dun glazen plaatje $c$, waarop eene zeer fijne verdeeling (micrometerverdeeling) is aangebracht; de afstand van de lange strepen $u$ en $u'$ dier verdeeling is in twintig gelijke deelen verdeeld (fig. 73, welke een zeer vergroot beeld van den door het microscoop gezienen rand en van het afleesplaatje geeft).

De microscoop moet, wat afstand van den rand en wat lengte betreft, zoo zijn geregeld, dat de door het objectief gevormde beelden van twee opvolgende randstrepen juist in het vlak van de verdeeling van het plaatje $c$ worden gevormd, en dat hun afstand gelijk is aan die der strepen $u$ en $u'$ van dat plaatje.

Om dit te verkrijgen, laat men bijv. de linker streep $u$ op het plaatje een randstreep dekken; de rechter streep $u'$ moet dan met de daarop volgende randstreep samenvallen.

Is de afstand van de beelden van de randstrepen te klein, dan moet de vergrooting worden vermeerderd, is de afstand te groot, dan moet de vergrooting worden verminderd; daartoe schuift men het objectief, dat zich in eene afzonderlijke buis $l$ bevindt, met behulp van de moer $f$, welke daarop werkt, iets uit of in. Daarna brengt men de geheele microscoop zoover van den rand, dat de beelden weer duidelijk zichtbaar worden.

Dit kan geschieden door eerst de schroeven, die op de klemringen $q$ en $q'$ werken los te draaien, en dan het geheele microscoop in die ringen een weinig te verplaatsen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Gewoonlijk zal het echter voldoende zijn de schroef $r$, waarmede het microscoop op de dragers rust, een weinig uit of in te draaien. De schroeven $k$ en $k'$, welke tegen den drager rusten, moeten dan echter vooraf een weinig losgedraaid worden. Men herhaalt de bewerking zoolang, tot aan de eischen wordt voldaan.

Het aflezen met zulk een microscoop geschiedt, door bij de waarde van den randstreep, die onmiddellijk aan de micrometerverdeeling voorafgaat — in fig. 73 streep 142 — de waarde van het aantal enkele verdeelingen van den micrometer op te tellen, dat voorbij den daarop volgenden randstreep gelegen is — in de figuur bedraagt dit aantal $11\frac{1}{2}$. De randstrepen geven derde deelen van graden, de micrometerverdeelingen minuten aan; de aflezing wordt dus in dit geval 142° 11′,5. De streep $u$ van den micrometer is n. l. de index.

Tot het elimineeren van de excentriciteitsfouten van den rand worden twee dergelijke microscopen diametraal tegenover elkander aangebracht. Om de nulstreep der plaatjes van beide microscopen juist 180° van elkaar te kunnen stellen, zijn de schroeven $k$ en $k'$ aanwezig, waarmede de geheele microscoop een weinig zijwaarts kan worden verplaatst, terwijl door de beide drukschroeven $m$ en $m''$ de microscoop ook om zijn lengteas een weinig gedraaid kan worden, ten einde de deelstrepen van het afleesplaatje in evenwijdige richting te kunnen brengen met de strepen op den horizontalen rand. Daartoe draaie men de eene drukschroef zooveel noodig los, en daarna de andere evenveel in, tot het gewenschte doel bereikt is.

Tevens kan door de schroeven $m$ en $m''$, in vereeniging met de trekschroef $m'$ verkregen worden, dat de randstrepen en de daaronder zichtbare becijfering in het midden van het veld der microscopen zichtbaar zijn. Daartoe moet b. v. de trekschroef $m'$ eerst een weinig uitgedraaid worden, om vervolgens de drukschroeven $m$ en $m''$ evenveel aan te draaien, of omgekeerd.

De tweede cirkelrand L is vast aan de tweede as verbonden, en wel zoodanig, dat die as in het midden normaal

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

is op het vlak van den rand. De rand is van één nulpunt uit, in derde deelen van graden verdeeld. De beeijfering loopt, in de richting tegengesteld aan die waarin de wijzers van een uurwerk zich bewegen, van 0 tot 360. De aflezing op de verdeeling heeft plaats met behulp van twee diametraal tegenover elkander staande klepnoniën. Een horizontale arm (in fig. 70 niet zichtbaar), die aan weerszijden vorkvormige einden heeft, is ter bevestiging dier noniën vast aan den staander I′ verbonden.

Tusschen die vorken zijn de noniën door schroeven zoodanig bevestigd, dat zij ten opzichte van den rand een weinig versteld kunnen worden. De beeijfering op de noniën loopt in dezelfde richting als die op den rand; zij zijn dus gelijkloopend. Twintig noniusdeelen komen overeen met 19 randdeelen ieder van 20′, waardoor aflezing tot in minuten nauwkeurig, en schatting tot in halve minuten mogelijk is.

Ter vergemakkelijking der aflezingen zijn boven de noniën, loupen M met sterke vergrooting aangebracht.

Het instrument wordt voor het gebruik op een statief geplaatst, zooals in fig. 70 voorgesteld is.

§ 159. De regeling en de opstelling van dezen theodoliet komt nagenoeg geheel overeen met die der reeds beschreven theodolieten.

Door het toegevoegde ruiterniveau bestaat echter de gelegenheid, om, na de eerste as met dit niveau, op de in § 24 vermelde wijze, verticaal gesteld te hebben, de tweede as dadelijk rechthoekig op de eerste as te brengen. Daartoe wordt de richtlijn van het ruiterniveau, op de in § 20 aangegevene wijze, evenwijdig met de tweede as gebracht; blijft de bel daarna inspelen, dan is aan den gestelden eisch voldaan. Is dit niet het geval, dan is de eerste as niet rechthoekig op de tweede as, en moet men deze fout verhelpen door middel van de correctieschroeven, die op de tweede as werken.

Bij dit instrument is daartoe de staander I van eene spleet voorzien, welke in het midden van de tappen van dien staander uitloopt, en door middel van een druk- en een trekschroef iets breeder of smaller kan gemaakt worden (In fig. 70 is van de beide schroeven slechts de drukschroef *d* zichtbaar).

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Maakt men de spleet breeder, dan wordt de tappan verwijd, en zal de tweede as dus aan dien kant iets zakken, wil men daarentegen aan dienzelfden kant de tweede as opheffen, dan tilt men haar aan die zijde eerst voorzichtig uit de tappen, versmalt vervolgens de spleet door de correctieschroeven, en laat daarna de as wederom zakken, tot zij op de tappen rust.

Bij de regeling van het instrument voor het meten van verticale hoeken zij men indachtig, dat de verticale rand van één nulpunt uit, eene doorgaande beeijfering draagt tot 360°, en en men dus uit het halve verschil van de aflezingen in beide kijkerstanden, niet de elevatiehoeken, maar de zenithoeken krijgt.

Het nulpunt van den nonius, welke het dichtst bij het oculair van den kijker geplaatst is, is echter zoodanig aangebracht, dat voor het geval men den kijker slechts in één stand gebruikt, de aflezing op den rand elevatiehoeken geeft, terwijl de andere nonius dan juist 180° meer aanwijst. (*)

§ 150. Wat de keuring betreft, kan ook voor dezen theodoliet verwezen worden naar hetgeen daaromtrent bij de reeds behandelde theodolieten gezegd is. Alleen moet bij dit instrument, omdat het een repetitietheodoliet is, nog onderzocht worden of de assen der kegels B en C, om welke de eerste cirkelrand met het bovenstel, en het bovenstel afzonderlijk, kunnen rondgedraaid worden, samenvallen, dan wel onderling evenwijdig zijn. Daartoe kan men te werk gaan als volgt.

Men brengt het ruiterniveau nauwkeurig rechthoekig ten opzichte van een van deze twee assen en stelt die as daarmede verticaal. Vervolgens draait men het bovenstel van den theodoliet om de andere as rond, ten einde na te gaan, of met de eene as tevens de andere verticaal gekomen is.

In het bevestigend geval n.l. moet na de laatste om-

(*). Het spreekt van zelf dat twee noniën of twee afleesmicroscopen, die in eenigen stand op den rand aflezingen geven, welke juist 180° van elkaar verschillen, in andere standen niet meer juist 180° verschil tusschen de aflezingen zullen opleveren, daar eventueele fouten in de randverdeeling en van excentriciteit, hoe gering ook, op dien stand invloed zullen uitoefenen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

draaiing van het bovenstel de bel weder van zelf tot inspelen komen, en zullen dus de assen der kegels B en C samenvallen, of wel onderling evenwijdig zijn.

In het tegengestelde geval moet door den instrumentmaker getracht worden het gebrek te verhelpen, dan wel het instrument afgekeurd worden.

§ 151. Het kenmerkend onderscheid tusschen den repetitietheodoliet en den gewonen theodoliet bestaat dus, zooals we gezien hebben, in hoofdzaak daarin, dat bij eerstgenoemd instrument niet alleen de alhidadecirkel, maar ook de horizontaalcirkel, onafhankelijk van den eerste, om eene verticale as bewogen, en door een klemtoestel in die beweging gestremd kan worden.

Het doel dezer inrichting is, om uit eenig punt een willekeurig veelvoud van eenigen te meten, horizontalen hoek waar te nemen, uit welk veelvoud daarna, door eene eenvoudige deeling, de hoek zelve verkregen kan worden.

Het beginsel, om door repetitie horizontale hoeken te meten, werd in 1752 het eerst door *Tobias Maijer Sr.* aangewend, en eenige jaren later, in eenigszins gewijzigden vorm, onder den naam van *dubbele repetitie*, door *A. Borda* bij instrumenten voor astronomisch gebruik in toepassing gebracht.

Wil men een zekeren hoek B A C (fig. 74) door repetitie meten, zoo stelle men den daartoe ingerichten, geregelden theodoliet in het punt A behoorlijk op.

Vervolgens richte men den kijker bijv. eerst op het linker punt B, en leze op den horizontaalcirkel af; zij die aflezing voor microscoop (of nonius) M, gelijk $a_0$. Daarna richte men, op de gewone wijze, zonder den horizontaalcirkel te verplaatsen, den kijker op het tweede punt C. Daardoor zal de microscoop M zich, langs den verdeelden horizontaalcirkel, naar $a_1$ verplaatst hebben. Leest men nu de nieuwe aanwijzing $a_1$ van dien microscoop af, dan zal — behoudens de fouten van het instrument en die van waarneming — het verschil $a_1 - a_0$ der beide aanwijzingen de projectie van den hoek B A C zijn.

Vervolgens klemt men den alhidadecirkel in den laatsten



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

stand aan den horizontaalcirkel vast, en draait daarna de beide cirkels gezamenlijk om de eerste as zooveel van rechts naar links, dat de kijker wederom zuiver op het punt B gericht komt, dan zal het punt $a_1$ van den verdeelden horizontaalcirkel de plaats innemen, waar zich vroeger punt $a_0$ bevond.

Maakt men daarna den alhidadecirkel van den horizontaalcirkel los, en richt men den kijker wederom op het punt C, dan zal de microscoop M zich na die stelling in $a_2$ bevinden, en daarmede op den verdeelden horizontaalcirkel het punt $a_2$ aanwijzen. Het verschil tusschen de eerste en de laatste aanwijzing, of $a_2 - a_0$, zal blijkbaar tweemaal de projectie van den te meten hoek bevatten.

Op gelijke wijze voortgaande kan men het 3, 4, 5, $n$- voud der projectie van den gezochten hoek verkrijgen. Iedere maal, dat bij de repetitie het nulpunt van den microscoop M, het nulpunt van den verdeelden, horizontalen rand overschrijdt, moet éénmaal 360° bij de laatst verkregene aflezing opgeteld worden.

Stel, dat men een hoek $n$ maal gerepeteerd heeft, dat bij die repetitie het nulpunt van den microscoop $m$ maal het nulpunt van den verdeelden horizontalen rand gepasseerd heeft en dat men ten slotte op den rand $a_n$ afleest, dan zal de te meten hoek zijn:

$$w = \frac{m \times 360° + a_n - a_0}{n}.$$

Het is dus slechts noodig bij het begin en bij het einde der repetitie af te lezen. Ten einde echter de voorafden hoek $w$ te verkrijgen waarde te kunnen controleeren, is het raadzaam ook na de eerste repetitie den nonius af te lezen. Men verkrijgt daardoor n.l. eene benaderde waarde voor den hoek.

§ 152. Eene andere wijze, om bij het meten van horizontale hoeken met den theodoliet eene grootere nauwkeurigheid te bereiken, bestaat daarin, dat een zelfde hoek op verschillende, regelmatig langs den omtrek van den verdeelden rand gelegene, deelen van den horizontaalcirkel gemeten, en uit de som der verkregene uitkomsten het gemiddelde genomen worde.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Deze meetwijze draagt den naam van meting door *reïteratie*.

De theodoliet moet tot dat einde voorzien zijn van een verstelbaren horizontaalcirkel; zoo als bijv. ook bij de universaalinstrumenten.

Deze wijze van meten zal echter ook toegepast kunnen worden, door den enkelvoudigen theodoliet op het statief telkenmale een zekeren hoek om te draaien.

Zijn er aan den alhidadecirkel twee noniën aangebracht, dan moet bij de meting van een hoek op $n$ deelen van den verdeelden rand, die rand telkens $\frac{360°}{2n}$ verplaatst worden, zoodat met den eenen nonius op de eene helft van den rand, op $n$ evenver van elkander gelegene punten wordt afgelezen, terwijl dit zelfde met den anderen nonius op de andere helft van den rand plaats heeft.

De fouten in de verdeeling van een verdeelden cirkelrand zullen namelijk meestal regelmatig toe- of afnemen, zoodat het wenschelijk is, de aflezingen op zooveel mogelijk onderling gelijke afstanden langs den rand te doen plaats hebben, waardoor die fouten bij de bepaling van het gemiddelde elkander waarschijnlijk grootendeels zullen opheffen.

*W. Struve* was de eerste, die in 1823 bij de geodetische werkzaamheden in de *Russische Oostzee-provinciën* van de reïteratiemethode gebruik maakte. Zijn voorbeeld werd door *Bessel* en *Baijer* bij de graadmeting in *Oost-Pruissen* gevolgd. Tegenwoordig is deze methode algemeen in gebruik.

## V. De boussole.

§ 153. Door *aardmagneetkracht* verstaat men de magnetische kracht der aarde. Deze doet eene in haar zwaartepunt vrij opgehangene, of wel daarin ondersteunde magneetnaald, eene standvastige richting ten opzichte van den geographischen meridiaan der plaats van opstelling innemen.

§ 154. De snijding van het verticale vlak, door die standvastige richting der magneetnaald gebracht, met het boloppervlak

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

der aarde, wordt de *magnetische meridiaan*, de hoek door de geographische en magnetische meridiaanvlakken eener plaats gevormd, de *miswijzing*, *afwijking* of *declinatie* der *magneetnaald* genoemd.

Ondersteunt men eene in den magnetischen meridiaan geplaatste magneetnaald zoodanig in haar zwaartepunt, dat zij zich in het vlak van dien meridiaan vrij om eene horizontale as kan bewegen, dan neemt zij, onder den invloed van de aardmagneetkracht, eene bepaalde helling ten opzichte van het waterpasse vlak aan, welke den naam draagt van de *helling* of *inclinatie der magneetnaald*.

§ 155. Zoowel de declinatie als de inclinatie eener magneetnaald verschilt op verschillende plaatsten der aarde aanmerkelijk in richting en grootte.

De declinatie der magneetnaald wordt *oostelijk* of *westelijk* geheeten, al naarmate de naar het noorden gekeerde pool der magneetnaald oostelijk of westelijk van den geographischen meridiaan afwijkt.

Op sommige punten der aarde ondergaat de magneetnaald geene afwijking, doch valt hare richting met die van de middagcirkels samen. De lijn, die deze plaatsen verbindt, heet de *agonische lijn* of *agone*; zij gaat door de polen, rondom de aarde, en verdeelt deze in twee deelen, waarin de richtingen der declinatie tegenovergesteld zijn.

De agonische lijn verplaatst zich voortdurend, tengevolge der later te behandelen seculaire veranderingen in de declinatie der magneetnaald.

Men kent twee stukken van deze agonische lijn. Het eene stuk doorsneed in het jaar 1880 de *Hudsonbaai* in het oostelijk gedeelte van *Noord-Amerika*, trad iets oostelijk van *Charleston* bij 33° N Br en 82° W Lengte in den *Atlantischen Oceaan*, liep tusschen de *Groote* en *Kleine Antillen* naar het vaste land van *Zuid-Amerika* bij 6° N Br en 56 W Lengte, daarna door *Brazilië*, en kwam bij 24° Z Br en 48° W Lengte weer in den *Atlantischen Oceaan*. Het andere stuk ging door *Europeesch Rusland*, ten westen van de *Witte zee*, door het meer van *Ladoga*, oostelijk van de zee van *Azof*, daarna door *Perzië* naar de *Indische Zee;* hierin vervolgde

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

zij haar weg westelijk van de *Lakediven*, door de *Malediven* heen naar het vaste land van *Australië*.

Op plaatsen aan de Europeesche zijde van de agone gelegen is de declinatie westelijk; op plaatsen aan de andere zijde gelegen is zij oostelijk.

Intusschen kent men nog een gebied door eene agonische lijn omsloten, waarbinnen de declinatie westelijk is. Deze kring gaat door het oostelijk gedeelte van *Siberië* en het oostelijk gedeelte van *China*, bevat geheel *Japan*, bereikt ten zuiden nagenoeg de *Philippijnen* en raakt ten noorden *Kamtsjatka*.

In het noordelijk halfrond doet de inclinatie der magneetnaald hare *noordpool*, in het zuidelijk halfrond daarentegen hare *zuidpool* beneden het waterpasse vlak dalen. Ongeveer tusschen beide halfronden is eene lijn op de aarde, waar de magneetnaald geene inclinatie heeft; zij wordt de *acline* of de *magnetische aequator* genoemd.

Zij valt niet geheel samen met den geographischen aequator, maar snijdt dezen in de nabijheid van de *Westkust van Afrika*, gaat ten oosten hiervan door het noordelijk halfrond, loopt over *Atjeh* en gaat in den *Stillen Oceaan* naar het zuidelijk halfrond over.

Niet alleen hebben de declinatie en de inclinatie eener magneetnaald voor elke plaats op den aardbol eene verschillende waarde, maar beide ondergaan op eene zelfde plaats voortdurend verandering.

Slechts de veranderingen in de declinatie der magneetnaald zijn bij de te behandelen boussoleinstrumenten van belang. De inclinatie der magneetnaald wordt namelijk, zoo zij aanwezig is, eenvoudig weggenomen, door de boven het waterpasse vlak zich verheffende pool zooveel noodig te bezwaren.

De veranderingen, welke de declinatie op eenige plaats der aarde ondergaat, kunnen verdeeld worden in *regelmatige en onregelmatige*.

De *regelmatige* veranderingen dragen naar gelang der tijdruimten, waarin zij plaats hebben, de namen van *seculaire en dagelijksche* veranderingen.

De *onregelmatige* veranderingen worden ook wel *storingen* geheeten.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 156. Verschillende waarnemingen hebben aangetoond, dat de declinatie eener magneetnaald voor eene bepaalde plaats eene voortdurende, doch zeer langzame, regelmatige verandering ondergaat. De naald beschrijft bij die verandering eene slingering, tot het volbrengen waarvan zij eene groote tijdruimte noodig heeft, en waarbij zij zich zoowel ten oosten als ten westen van den middagcirkel der plaats stelt.

In de zestiende eeuw was bijv. de declinatie der magneetnaald in *Europa* oostelijk, daarna nam zij in grootte af, werd nul, en ging vervolgens in eene westelijke afwijking over.

Tot voor omstreeks dertig jaren nam de afwijking naar het westen geregeld toe, doch nu is deze wederom aan het afnemen. Vermoedelijk zal die vermindering aanhouden, totdat de declinatie wederom nul geworden is, waarna zij op nieuw in eene oostelijke afwijking zal overgaan.

De groote tijdruimte, welke deze verandering in de standvastige richting der magneetnaald ten opzichte van den geographischen meridiaan noodig heeft, om haar uiterste grenzen te bereiken, en welke bij eeuwen geteld wordt, heeft haar den naam van *seculaire* verandering doen geven.

Voor *Indië* is de afwijking der magneetnaald *oostelijk*. Tot 1880 nam die afwijking toe; sedert is zij aan het afnemen.

Onderstaande tabel geeft de declinatiecijfers voor *Batavia* van 1884 — 1891.

| | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 | 1888 | 1889 | 1890 | 1891 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januari..... | 1°56',2 | 1°54',4 | 1°52',7 | 1°50',4 | 1°48',5 | 1°45',6 | 1°43',0 | 1°39',6 |
| Februari ... | » 56',2 | » 54',6 | » 52',0 | » 50',7 | » 48',5 | » 45',3 | » 42',5 | » 39',2 |
| Maart..... | » 56',4 | » 54',1 | » 52',5 | » 50',6 | » 48',4 | » 46',0 | » 42',5 | » 39',5 |
| April..... | » 56',1 | » 53',7 | » 52',1 | » 50',1 | » 48',5 | » 45',6 | » 42',4 | » 39',1 |
| Mei..... | » 55',9 | » 54',0 | » 52',2 | » 50',1 | » 48',2 | » 45',6 | » 42',2 | » 39',1 |
| Juni..... | » 55',5 | » 53',2 | » 52',0 | » 49',9 | » 47',3 | » 45',2 | » 42',1 | » 38',5 |
| Juli..... | » 55',1 | » 52',9 | » 51',6 | » 49',6 | » 47',5 | » 45',1 | » 41',8 | » 37',8 |
| Augustus... | » 55',0 | » 53',3 | » 51',7 | » 49',9 | » 47',4 | » 44',7 | » 41',4 | » 37',8 |
| September.. | » 54',5 | » 53',2 | » 51',4 | » 49',3 | » 47',6 | » 43',9 | » 41',0 | » 37',9 |
| October .... | » 54',4 | » 52',6 | » 51',5 | » 48',9 | » 46',4 | » 44',0 | » 40',8 | » 37',8 |
| November .. | » 54',5 | » 52',3 | » 51',8 | » 48',9 | » 45',9 | » 43',7 | » 40',5 | » 37',6 |
| December... | » 53',5 | » 51',6 | » 51',0 | » 48',8 | » 45',5 | » 43',2 | » 39',9 | » 37',1 |
| Jaar gem. | 1°55',3 | 1°53',3 | 1°51',8 | 1°49',8 | 1°47',4 | 1°44',8 | 1°41',7 | 1°38',4 |

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het verschil in zeven jaren is derhalve 16′,9, waaruit blijkt, dat de oostelijke declinatie per jaar met 2′,4 afneemt.

Volgens de „Magnetical and metereological observations made at the Gouvernement Observatory Bombay, in the year 1890. Appendix. The absolute magnetic declination and horizontal force at Bombay and their secular and annual variations Bombay 1892" viel de epoque van grootste oostelijke declinatie in Januari 1880.

§ 157. Behalve de aanzienlijke, doch langzaam voortschrijdende seculaire verandering, ondervindt de declinatie der magneetnaald nog eene dagelijks terugkeerende, kleine verandering.

Met geringe afwijkingen verplaatst de naald zich elk etmaal op dezelfde wijze van haren gemiddelden stand.

Deze verplaatsing is over den geheelen aardbol des zomers grooter dan in den winter, en over dag sterker dan des nachts, waaruit men heeft afgeleid, dat zij door de magnetische werking van de zon op de aarde ontstaat, te meer daar ook een bepaald verband is opgemerkt tusschen deze dagelijksche beweging der magneetnaald en de perioden der zonnevlekken.

Des ochtends ten 8 ure heeft de magneetnaald in het noordelijk halfrond hare meest oostelijke, dagelijksche afwijking bereikt. Van af dat uur tot omstreeks 2 ure in den namiddag beweegt zij zich vrij snel naar het westen, en keert daarna langzamer en eenigszins onregelmatig tot haren eersten stand terug.

In het zuidelijk halfrond hebben de dagelijksche veranderingen op dezelfde uren van den dag, doch in tegenovergestelden zin plaats.

Verplaatst de magneetnaald zich in het noordelijk halfrond naar het westen, dan beweegt zij zich op datzelfde tijdstip in het zuidelijk halfrond naar het oosten, en omgekeerd.

De grootte der dagelijksche afwijkingen van de magneetnaald neemt van de polen der aarde naar den evenaar af.

Dicht bij den magnetischen evenaar draagt de dagelijksche beweging een gedeelte van het jaar een noordelijk, het andere gedeelte een zuidelijk karakter.

De slingerwijdte der dagelijksche schommeling in de zomermaanden (zuidelijke zomer) bedraagt ongeveer 4′,5. [Obser-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

vations made at the magnetical and meteorological observatory at Batavia, vol. VII—XIV, 1884—1891].

§ 158. *De onregelmatige* veranderingen in de declinatie der magneetnaald, ook *storingen* genoemd, vertoonen zich — de grootere althans — gelijktijdig op alle punten der aarde, doch worden niet overal even sterk gevoeld. In den regel zijn zij het sterkst bij de polen en het zwakst nabij den magnetischen evenaar der aarde.

Zij doen zich kennen door de onrustige bewegingen, welke zij aan de naald mededeelen, en staan waarschijnlijk in verband met uitbarstingen op de zonsoppervlakte of hevige bewegingen in de zonneatmosfeer.

§ 159. De inrichting der boussoleinstrumenten berust op de hiervoren vermelde eigenschap der magneetnaald, om voor een klein gedeelte van het oppervlak der aarde eene standvastige richting ten opzichte van den geographischen meridiaan te behouden.

Het instrument is namelijk zoodanig samengesteld, dat daarmede gemakkelijk de richting van elke willekeurig gegevene lijn ten opzichte van deze standvastige richting der magneetnaald kan worden bepaald.

De afwijking van eenige richting uit den magnetischen meridiaan wordt het *magnetische*, die ten opzichte van den geographischen meridiaan, het *geographische azimut* dier richting genoemd.

Voor het gebruik eener boussole dient men de declinatie der magneetnaald te kennen; zij kan gevonden worden, door met het instrument het magnetische azimut van een of meer richtingen, waarvan het geographische azimut reeds bekend is, te bepalen en de uitkomsten van die bekende azimuts af te trekken, dan wel door astronomische waarnemingen.

De dagelijksche veranderingen brengen in de standvastige richting der magneetnaald nu en dan belangrijke afwijkingen te weeg, waarvan men de richting en de grootte niet met het instrument zélf bepalen kan, maar waartoe andere hulpmiddelen dienen aangewend te worden, welke echter niet altijd den waarnemer ten dienste staan. Groote nauwkeurigheid kan daardoor bij de waarnemingen met de boussole

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

niet verkregen worden; dit is dan ook bij de samenstelling dier instrumenten in het oog gehouden.

Daar tegenover staat, dat door de ligging der *Nederlandsche Oost-Indische Bezittingen* in de nabijheid van den evenaar der aarde, alwaar, zooals boven gezegd is, de dagelijksche veranderingen en storingen in de declinatie der magneetnaald het minst gevoeld worden, die veranderingen niet dien invloed op de waarnemingen met de boussole uitoefenen, als in meer nabij de polen der aarde gelegene streken het geval is.

### *a.* De zakboussole.

§ 160. Dit instrumentje (fig. 75) bestaat uit een cylindervormig koperen doosje A, met een metalen grondvlak B, van omstreeks 6 centimeters middellijn en ruim 1 centimeter hoogte.

Het bovenvlak van het doosje is gesloten door een stevig glasplaatje C, dat de magneetnaald voor uitvallen behoedt.

In het middelpunt van het grondvlak B verheft zich, aan de binnenzijde en loodrecht daarop, een kegelvormig, spits toeloopend metalen stiftje *s*, hetwelk een magneetnaaldje M met behulp van een daartoe kegelvormig uitgehold, agaten dopje *d* in zijn zwaartepunt ondersteunt. Om het stiftje *s* is een verschuifbaar, metalen pijpje *p* aangebracht, waarmede door een hefboom *h*, waarvan de hefboomsarm *a* aan het opstaande buitenvlak van het doosje uitsteekt, de naald geheel of ten deele van haar steunpunt kan gelicht worden.

De magneetnaald, welke zich om haar steunpunt als spil in het horizontale vlak kan bewegen, is eenigszins korter dan de middellijn van het grondvlak van het doosje. Hare uiteinden bewegen zich, wanneer de naald niet in rust is, langs een rand *rr*,' welke halverwege de hoogte, aan de binnenzijde van het doosje bevestigd is, en eene verdeeling heeft in graden van nul tot 360.

In de richtingen, die de deelstrepen 0° en 180° en 90° en 270° verbinden, zijn op den bodem *b* van het doosje — welke evenals de daarmede één geheel vormende, verdeelde rand verzilverd is — twee elkander rechthoekig snijdende lijnen aangebracht.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bij de deelstreepen 0°, 90°, 180° en 270° zijn achtereenvolgens de letters N, O, Z en W geplaatst. Deze letters hebben ten doel de hemelstreken aan te wijzen, wanneer de magneetnaald met hare noordpool op de deelstreep 0° is geplaatst.

Aan een op het buitenvlak van het doosje bevestigden knop bevindt zich een koperen ring R, welke tot aangrijpings- en ophangpunt van het instrumentje kan dienen.

Door middel van een verschuifbaar pinnetje *e*, insgelijks op het buitenvlak van het doosje aangebracht, en een daarmede verbonden, schuin afgesneden plaatje *f*, kan de hefboomsarm *a* naar beneden gedrukt en ook weder vrij gelaten worden.

Beweegt men het pinnetje *e* naar links, dan wordt de hefboomsarm door de schuine zijde van het plaatje *f* naar beneden gedrukt, en het pijpje *p* door het andere einde van den hefboom *h* opgelicht, waardoor de naald van haar steunpunt afgenomen, en tegen het glasplaatje C wordt geklemd.

Bij eene tegenovergestelde beweging van het pinnetje *e* wordt de naald wederom op haar steunpunt nedergelaten.

§ 161. Bij dit instrumentje dient nagegaan te worden of de magneetnaald voldoende gevoelig is (zie daaromtrent het hierna in § 169 beschreven onderzoek).

§ 162. Om met de zakboussole het azimut eener richting te bepalen, verschuift men het pinnetje *e* naar rechts, waardoor de naald vrijgemaakt wordt. Het instrumentje wordt vastgehouden bij den ring, met den duim en voorsten vinger der rechterhand, en zooveel mogelijk in horizontalen stand gebracht. In dezen stand brengt men de lijn ZN in de bedoelde richting met de letter N van den waarnemer afgekeerd; de door den noordpool der naald aangegevene deelstreep geeft dan het westelijk azimut aan.

Kent men de declinatie der magneetnaald van het instrument voor de plaats van waarneming, dan zal men haar, al naar gelang zij *westelijk* of *oostelijk* is, bij den afgelezen hoek moeten *optellen*, of daarvan moeten *aftrekken*, om de afwijking dier richting van den geographischen meridiaan te weten.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Uit het vorenstaande volgt, dat met het instrumentje het azimut kan worden bepaald van eenige richting, dat is hare afwijking ten opzichte zoowel van den magnetischen als van den geographischen meridiaan der plaats van waarneming, terwijl men, door de gevondene azimuts van eenige richtingen van elkander af te trekken, de hoeken kan bepalen, welke deze richtingen onderling vormen.

Het is bij het gebruik van het instrumentje niet wel mogelijk, de lijn ZN, die als richtlijn moet dienen, nauwkeurig in de gewenschte richting te brengen, noch om het met de vrije hand zoo onbewegelijk en waterpas te houden, als voor eene goede aflezing geëischt wordt. Bovendien zijn de afmetingen te klein, om daarmede nauwkeurige waarnemingen te kunnen verrichten. Het doet dan ook alleen dienst bij vluchtige opnemingen, terwijl men het overigens gebruikt, om zich op de kaart te oriënteeren. Hiertoe brengt men de lijn ZN juist onder de magneetnaald, de letters geven dan de windstreken aan; voor het gebruik bij de oriënteering eener kaart is het nog noodig, de noordlijn der kaart evenwijdig met de magneetnaald te brengen.

### *b.* De Smalkalder-patent boussole.

§ 163. Deze kleine boussole draagt haren naam naar den Engelschen instrumentmaker *Smalkalden*, die haar het eerst in den handel schijnt gebracht te hebben. Hare inrichting is echter eene vinding van den Engelschen officier *Kater*.

Het instrumentje (fig. 76) bestaat uit een cylindervormig, koperen doosje D, omstreeks 2 centimeters hoog, met een cirkelvormig grondvlak van 7.5 centimeters middellijn.

In het middelpunt van dit grondvlak verheft zich, aan de binnenzijde en loodrecht er op, een spits, kegelvormig stiftje *s*, waarop eene magneetnaald M, met een daartoe kegelvormig uitgehold, agaten dopje *d* in haar zwaartepunt ondersteund, rust. Deze magneetnaald draagt eenen, aan haar bovenvlak bevestigden, van 0 tot 360 in graden verdeelden, dunnen, metalen rand, welke derhalve bij eene beweging der naald met deze wordt medegevoerd.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Het nulpunt der verdeeling ligt in de magnetischen as der naald, en komt zuiver met hare zuidpool overeen.

De verdeeling zelve is van dit nulpunt uit rechts omgaande aangebracht, terwijl de daarbij geplaatste cijfers allen naar het middelpunt van den verdeelden rand zijn gekeerd.

Het bovenvlak van het cylindervormige doosje is, om de naald voor wind, vocht, stof als anderszins, te beschermen, met een glasplaatje gesloten, dat door eenen klemring K daarop wordt vastgehouden.

In een door de middelpunten der grond- en bovenvlakken van het instrumentje, loodrecht op beiden gedacht vlak is het richtvlak gelegen eener vizierinrichting OV, wier om scharnieren beweegbare vizierkleppen V en O aan den opstaanden rand van het doosje bevestigd zijn.

De vizierklep V bevat enkel een richtdraad, en kan om haar scharnier op het glazen bovenvlak der boussole worden nedergeslagen.

De vizierklep O heeft een richtspleet $r\,r'$ en aan het ondereinde daarvan eene richtopening O'.

Aan deze vizierklep, die om een scharnier tegen de buitenzijde van het cylindervormige doosje D kan gelegd worden, is aan de voorzijde een gelijkbeenig, rechthoekig prisma P met een zijner rechthoekszijden verbonden.

Hierdoor maakt het weerkaatsende hijpothenusavlak van het prisma — als de vizierklep om haar scharnier is opgericht — een hoek van 45° met den verdeelden rand, terwijl de tweede rechthoekszijde naar dien rand is gekeerd.

De randverdeeling en de daarbij in spiegelschrift gestelde cijfers worden nu door de bolvormig geslepene onderzijde van het prisma vergroot, omgekeerd tegen het hypothenusavlak afgespiegeld, en door dit vlak naar de richtopening O' terug gekaatst. De deelstrepen der randverdeeling met hunne cijfers schijnen daardoor in het verlengde van het vlak der richtspleet $r\,r'$ gelegen te zijn.

De geheele vizierklep O kan, door middel van het tot aangrijpingspunt dienende pinnetje $p$, in eene zwaluwstaartvormige sleuf van het aan de opstaande zijde der boussole bevestigde plaatje $b$, zoodanig naar het gezichtsvermogen van

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den waarnemer op- of nederwaarts gesteld worden, dat voor dezen de verdeeling duidelijk zichtbaar is.

De vizierklep V is op haar ondereinde, waarmede zij aan den opstaanden rand der boussole verbonden is, door een knopje *a* doorboord, door middel waarvan eene aan de binnenzijde der doos D aangebrachte, in de figuur niet zichtbare veer zachtjes tegen den verdeelden rand kan gedrukt worden, om zoo noodig de schommelingen van de magneetnaald te verminderen, en haar tot stilstand te brengen.

Aan het buitenvlak der boussole bevindt zich nog eene schroef C, waarmede — ten einde het afstompen van de ondersteunende stift bij het vervoer te voorkomen —, door het nederdrukken van den arm *d'* des hefbooms *e*, de magneetnaald met den verdeelden rand van haar steunpunt gelicht, en onbewegelijk tegen het glazen bovenvlak geklemd kan worden.

§ 164. Bij dit instrumentje dient de nauwkeurigheid der verdeeling en de gevoeligheid der naald onderzocht te worden.

Om de juistheid der verdeeling na te gaan, doet men het best om een zeker aantal met de Smalkalder boussole gemeten hoeken te toetsen aan de, met een nauwkeuriger hoekmeetinstrument betreffende diezelfde hoeken, verkregen uitkomsten.

Ook kan men door heen en terugviseering naar en van eenige punten de aflezingen controleeren.

Het is daarbij noodzakelijk het standpunt en het waargenomen punt nauwkeurig op het terrein aan te geven, en bij de waarneming de baak en het instrumentje juist boven die punten te doen houden.

Voor het onderzoek naar de gevoeligheid der naald wordt verwezen naar het dienaangaande aangeteekende in § 169.

§ 165. Een waarnemer met het oog achter de opgerichte, en voor zijn gezicht juist gestelde vizierklep O van het zooveel mogelijk waterpas gestelde instrumentje geplaatst, zal nu door de vizierspleet *r r'* langs den richtdraad naar eenig voorwerp ziende, tevens door de richtopening O' de deelstreep der randverdeeling kunnen waarnemen, welke zich juist of zoo nabij mogelijk in het verlengde van den richtdraad bevindt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Die deelstreep geeft dan het oostelijk azimut van het gepeilde voorwerp aan; waarbij dan nog de declinatie *opgeteld* of daarvan *afgetrokken* moet worden, al naarmate deze *oostelijk* of *westelijk* is van den middagcirkel der plaats.

Men kan voorts wederom de hoeken vinden, door eenige gegevene richtingen gevormd, door hunne azimuts van elkander af te trekken.

Het instrumentje wordt meestal uit de vrije hand, bij uitzondering op een stok gebruikt.

In het laatste geval is de stok aan het boveneinde van een plankje en aan het ondereinde van een ijzeren punt voorzien, om hem in den grond te steken.

Alhoewel de aan de Smalkalder boussole aangebrachte vizierinrichting eene scherpere instelling toelaat, dan bij de zakboussole mogelijk is, blijft zij toch, door hare kleine afmetingen en de traagheid der met den verdeelden rand bezwaarde magneetnaald, ongeschikt tot nauwkeurige waarnemingen, en wordt zij derhalve slechts bij vluchtige, geene groote nauwkeurigheid eischende, metingen, en bij verkenningen gebezigd.

Men zal de nauwkeurigheid der waarnemingen met dit instrumentje zeer bevorderen, door op de verschillende voorwerpen steeds van dezelfde zijde in te stellen.

### c. De statiefboussole.

§ 166. De bruikbaarheid eener boussole wordt verhoogd, door haar eene vaste opstelling, een kijker tot richtmiddel en een grooteren verdeelden rand te geven. Zulk een boussole is de *statiefboussole*.

De statiefboussole (fig. 77) bestaat uit twee deelen, namelijk uit de *boussole met toebehooren* en uit het *statief*, waarop deze rust.

De boussole heeft de navolgende inrichting.

Aan het bovenvlak van eene nagenoeg vierkante, 2 millimeters dikke, koperen plaat P is een omstreeks 2 centimeters hooge, recht cylindervormige, koperen doos D verbonden,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waarvan het grondvlak eene middellijn heeft van 17.5 centimeter.

In het middelpunt van dit grondvlak verheft zich loodrecht daarop eene spits toeloopende, metalen stift *s*, op wier punt eene magneetnaald M met een kegelvormig uitgehold, agaten dopje *d*, in haar zwaartepunt ondersteund, rust.

De stift *s* is aan haar ondereinde van eene schroefdraad voorzien, waarmede zij in het grondvlak — waarin daartoe eene moer is gesneden — geschroefd is, en waaruit zij zoo noodig verwijderd, en door eene andere vervangen kan worden.

De magneetnaald M is een ruitvormig, stalen staafje van zeer geringe dikte, welks naar het noorden wijzende helft geblauwd is.

Evenwijdig met het grondvlak der doos D, op zoodanige hoogte daarvan, dat de magneetnaald, wanneer dit grondvlak een horizontalen stand heeft, bij hare beweging om de spil *s* met hare punten daarlangs strijkt, is, loodrecht op den binnenwand dier doos, een platte, in graden verdeelde rand R aangebracht, welks middelpunt met het draaipunt der magneetnaald samenvalt, en waarop de deelstrepen rechts omgaande van nul tot 360 zijn genummerd.

Bij eenige geoefendheid kan men op den rand de aanwijzingen der magneetnaald door schatting nog tot op 15′ bepalen.

Ten einde de magneetnaald en ook het verzilverde inwendige der doos D aan den invloed van weer en wind te onttrekken, is de doos aan de bovenzijde gesloten door eene glasplaat, welke, door de klemming van een metalen, als veer werkenden ring *r*, daarop bevestigd wordt.

Op het grondvlak der doos geven twee elkander, in het middelpunt daarvan, rechthoekig snijdende lijnen de richtingen aan, die de deelstrepen 0° en 180° en de beide elkander tegenoverstaande deelstrepen 90° en 270° verbinden.

De op de uiteinden dier lijnen geplaatste letters N, O, Z en W wijzen de hemelstreken aan, zoodra de geblauwde punt der magneetnaald met het nulpunt der verdeeling overeenstemt.

Wordt het instrument niet gebruikt, dan kan men, ten

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

einde het agaten dopje *d* zooveel mogelijk voor afslijting, en de punt der stift *s* voor afstomping te bewaren, de magneetnaald met den hefboom *h* van haar steunpunt lichten, en zacht tegen den onderkant der glasplaat klemmen.

De hefboom *h*, wiens eene arm door de stift *s* wordt doorboord, moet daartoe met haren anderen arm, door de daarop werkende schroef S, tegen de plaat P gedrukt worden.

Te sterke slingeringen der magneetnaald in het horizontale vlak worden ook door den hefboom *h* bedwongen.

Om te voorkomen, dat daarbij verticale schommelingen der naald ontstaan, is langs de stift *s* een haar omringend, koperen kegeltje *k* verschuifbaar, dat met zijn grondvlak op den door die stift doorboorden hefboomsarm rust, en door dezen zoodanig opgelicht wordt, dat zijn top de naald juist in haar zwaartepunt ondersteunt.

De beschrevene inrichting wordt het *arreteertoestel* der boussole genoemd.

Onder een der korte zijden van de plaat P is met twee schroeven *a*, wier koppen aan de bovenzijde dier plaat uitsteken, een borst bevestigd, waarin de draaiingsas van een astronomisch kijkertje van Ramsden K, met vizierinrichting OV, beweegbaar is.

De niet verplaatsbare vizierlijn van den kijker, die evenwijdig met de vizierlijn der vizierinrichting OV is, moet zoodanig zijn aangebracht, dat beide vizierlijnen zich, bij eene wenteling van den kijker om zijne draaiingsas, in een vlak blijven bewegen, dat evenwijdig is met het vlak, door de lijn NZ en door het steunpunt der magneetnaald loodrecht op de randverdeeling der boussole gedacht.

De vizierplaatjes boven den kijker zijn aan ringen *b* verbonden, welke met schroefjes *l* (waarvan slechts een in de figuur zichtbaar) om het vlak van den kijker kunnen geklemd worden. Door deze ringen een weinig om den kijker te verplaatsen, kan de vizierlijn der vizierinrichting in hetzelfde vlak worden gebracht met de vizierlijn van den kijker.

Onder de plaat P is verder met schroefjes een koperen cylinder *c* zoodanig bevestigd, dat zijn as, juist in het middelpunt van den verdeelden rand der boussole, loodrecht op het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

vlak van dien rand staat, en derhalve niet de as der stift *s*, welke de magneetnaald ondersteunt, samenvalt.

Deze cylinder eindigt in een kogel *e*, welke omvat wordt door twee, met een schroef *f*, onderling verbonden stukken *g* en *g'*, wier ondereinden ook het bovengedeelte van een uitgeholden, koperen cylinder G, waarin de afgeknotte, koperen kegel B van het statief A juist past, omsluiten.

Door middel van de schroef *f* kan men de stukken *g* en *g'* den kogel *e* losser of vaster doen omklemmen, terwijl de op zijde van den cylinder G aangebrachte klemschroef *i* dient, om dezen cylinder onbewegelijk aan het statief te verbinden.

Is de schroef *i* vast aangedraaid, dan is de boussole nog draaibaar om het middelpunt van den kogel *e*, is daarentegen de schroef *i* niet aangedraaid, dan is de boussole draaibaar om den kegel B.

Het statief is een gewone drievoet, zooals die, beschreven in § 43.

§ 167. Tengevolge van de onwrikbaarheid, waarmede de onderscheidene deelen van het instrument aan elkander verbonden zijn, is eene regeling van de beschrevene statiefboussole onmogelijk. De voorwaarden, waaraan het instrument voldoen moet, en de middelen, welke daartoe aangewend kunnen worden, zullen in § 168 bij de keuring behandeld worden.

Voor eene juiste opstelling van de statiefboussole wordt geëischt:

1°, dat het midden der boussole loodrecht boven het standpunt gelegen is;

2°, dat de verdeelde rand zooveel mogelijk horizontaal gesteld is.

*Eerste eisch van opstelling.* Ter voldoening aan dezen eisch stelt men de boussole met den haar ondersteunenden drievoet, met behulp van een schietlood, met hare draaiingsas juist verticaal boven het punt van waarneming.

*Tweede eisch van opstelling.* Door drukking met de hand van den, met de draaiingsas verbonden kogel *e* (fig. 77) in de hem omgevende, halfbolvormige sluitstukken *g* en *g'*, brenge men den verdeelden rand op het oog, zoo nauwkeurig mogelijk, in hetzelfde vlak met de magneetnaald.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Is die naald, zooals het behoort, in het waterpasse vlak in evenwicht, dan zal de verdeelde rand op bovenvermelde wijze tevens voldoende horizontaal gesteld zijn.

§ 168. De beschrevene boussole moet, om aan het doel te beantwoorden, waarvoor zij is samengesteld, aan de ondervolgende voorwaarden voldoen. Deze eischen moeten daarom, alvorens het instrument te gebruiken, zorgvuldig nagegaan, en voorkomende afwijkingen zooveel mogelijk hersteld worden.

De voorwaarden waaraan de beschrevene statiefboussole voldoen moet, zijn:

1°, het vlak waarin de magneetnaald gelegen is, moet met dat van den horizontaal gestelden, verdeelden rand samenvallen;

2°, de magneetnaald moet voldoende gevoelig zijn;

3°, de verdeeling van den verdeelden rand moet juist zijn en noch in de samenstellende deelen van dien rand, noch in die van het instrument, mogen zich metalen bevinden, welke op den stand van de magneetnaald een storenden invloed kunnen uitoefenen;

4°, de stift, waarop de magneetnaald rust, moet in het middelpunt van den verdeelden rand gelegen zijn;

5°, de lijn, welke de beide uiteinden der magneetnaald verbindt, moet door haar steunpunt gaan, en met hare magnetische as samenvallen;

6°, de draaiingsas van de boussole moet loodrecht staan op het vlak van den verdeelden rand en samenvallen met de as der stift, waarop de magneetnaald rust.

7°, de draaiingsas van den kijker moet rechthoekig staan op de boussoleas, en de vizierlijn van den kijker, en de richtlijn der daarboven aangebrachte vizierinrichting, moeten zich bij eene wenteling van den kijker om zijn draaiingsas in een vlak bewegen, dat loodrecht staat op die as, en evenwijdig is met een vlak door de lijn NZ, welke de deelstrepen 0 en 180 op den verdeelden rand verbindt, loodrecht op dien rand gedacht.

*ad.* 1. Tot het onderzoek op dezen eisch stelt men, na de glasplaat der boussole afgenomen te hebben, den verdeelden rand horizontaal, door daarop in twee richtingen een vooraf geregeld buisniveau te doen inspelen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Dit moet verkregen worden door met de hand den bol, waarmede de boussole aan het statief verbonden is, eenigszins in de haar omringende sluitstukken te verplaatsen.

Is de verdeelde rand waterpas, dan overtuige men zich of de uiteinden der magneetnaald in hetzelfde, of in een daarmede evenwijdig vlak gelegen zijn, hetgeen uit den stand der naaldpunten, ten opzichte van den verdeelden rand, gemakkelijk af te leiden is.

Is de magneetnaald niet in een waterpas vlak gelegen, doch helt de Noordpool door den invloed der aardmagneetkracht (inclinatie) naar beneden, dan dient de tegenovergestelde pool, door aan de onderzijde een weinig was of eenige andere zelfstandigheid te hechten, zooveel bezwaard te worden, dat beide polen op gelijke hoogte ten opzichte van den verdeelden rand komen.

Is de stift, waarop de magneetnaald rust, niet even hoog boven het grondvlak der boussole als het vlak van den verdeelden rand, dan zal de magneetnaald, zoodra de beide polen op gelijke hoogte gebracht zijn, in een vlak liggen, dat evenwijdig met, doch eenigszins boven of beneden den horizontaal gestelden verdeelden rand gelegen is.

De aanwijzingen der naaldpunten zullen daardoor niet met de vereischte nauwkeurigheid op den rand kunnen afgelezen worden, en moet deze fout hersteld worden, door de ondersteunende stift zooveel in of uit het grondvlak der boussole te schroeven, dat de naaldpunten zich juist gelijk met het bovenvlak van den verdeelden rand bevinden.

*ad.* 2. Om zich te overtuigen of de magneetnaald voldoende gevoelig is, stelt men den verdeelden rand der boussole horizontaal, en brengt de naald, na hare aanwijzing afgelezen te hebben, omstreeks 90° uit hare richting.

Voldoet de naald aan den gestelden eisch, dan zal zij, na omstreeks 25 of 30 slingeringen volbracht te hebben, haren eersten stand nauwkeurig hernemen.

Maakt de naald evenwel, vóórdat zij wederom in rust komt, een minder aantal slingeringen, of wel herstelt zij zich daarna niet juist in hare aanvankelijke richting, dan is de punt der stift, welke de magneetnaald ondersteunt, afgestompt, of het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

agaten dopje, waarmede zij daarop rust, uitgesleten, of de naald heeft hare magnetische kracht gedeeltelijk verloren.

Een afgestompte stift kan door slijping gemakkelijk worden aangespitst. De punt der stift moet echter niet te scherp zijn, een tophoek van 15° tot 20° is volgens genomene proeven de voordeeligste.

De uitholling van het agaten dopje moet, ten einde de minst mogelijke wrijving uit te oefenen op de stift, waarop zij rust, de gedaante hebben van een zeer stompen kegel. Een uitgesleten, agaten dopje zal opnieuw uitgeslepen, of door een ander vervangen moeten worden.

Heeft de magneetnaal gedeeltelijk hare magneetkracht verloren, dan moet deze vermeerderd worden. Daartoe bedient men zich bij voorkeur van de zoogenaamde *gescheidene streek van Duhamel.*

Twee magneten worden namelijk zoodanig op het midden van de, op eene vaste onderlaag gestelde, magneetnaald geplaatst, dat de eene met zijne zuidpool op de geblauwde helft, en de tweede met zijne noordpool op de andere helft van de magneetnaald komt te staan, beiden, ten opzichte van het vlak der aan te strijken naald, buitenwaarts hellende onder een hoek van 15° tot 20°.

Men strijkt vervolgens met beide magneten in den aangegeven stand gelijktijdig naar de uiteinden der magneetnaald zoodanig, dat zij die uiteinden ter zelfder tijd bereiken. Daarna neemt men de magneten gelijktijdig van de naald af, en brengt ze met een kleinen boog wederom in den gersten stand naast elkander op het midden der naald.

Deze bewerking moet eenige malen herhaald worden. Zij geeft eene regelmatige ligging van de polen en eene goede verdeeling van de magneetkracht in de naald.

*ad.* 3. De verdeeling op den verdeelden rand van eene boussole zal, indien dit instrument door een fabrikant van naam vervaardigd is, zelden te wenschen overlaten, daar de deelstrepen op de randen der boussoles meestal met een verdeelmachine worden aangebracht, welke voor de verdeeling der randen van veel nauwkeuriger instrumenten bestemd is.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Wil men den rand eener boussole echter in dit opzicht onderzoeken, dan kan dit op de volgende wijze geschieden.

Na de glazen dekplaat van de boussole afgenomen te hebben, mete men, langs de binnenzijde van den verdeelden rand, met een passer de lengte van 5°, en overtuige zich of alle volgende 5° van dien rand eene zelfde lengte bezitten. Is dit het geval, dan herhale men de proef nog vier malen, telkens eene volgende deelstreep als beginpunt der meting aannemende. Wordt ook bij dit onderzoek geene fout gevonden, dan kan de verdeeling voldoende nauwkeurig geacht worden.

Worden bij de proef verschillen ontdekt, en zijn deze van zoodanig bedrag, dat zij van te nadeeligen invloed zouden zijn op de resultaten der metingen, dan dient men het instrument af te keuren of van een beter verdeelden rand te voorzien.

Ten einde na te gaan, of er in den verdeelden rand en in de overige deelen van het instrument metalen (ijzer of nikkel) aanwezig zijn, welke eenen storenden invloed op de declinatie der magneetnaald kunnen uitoefenen, draaie men de boussole langzaam om hare as, en overtuige zich, of de naald bij die beweging hare standvastige richting behoudt, dan wel, of zij op enkele plaatsen medegesleept, of naar den bodem getrokken wordt. Is dit laatste het geval, dan bevinden er zich òf in den rand, òf in den bodem der boussoledoos metaaldeelen, welke de naald aantrekken.

Men kan de al of niet aanwezigheid van magnetische stoffen in den verdeelden rand of de overige deelen der boussole ook onderzoeken, door de magneetnaald van de haar ondersteunende stift af te lichten, en op eene fijne spits in de nabijheid van het instrument op te stellen, en daarna op te letten, of bij eene draaiing van de boussole om hare as, de richting der magneetnaald ook gewijzigd wordt.

Ontdekte gebreken in dit opzicht kunnen door den waarnemer niet verholpen worden.

Boussoles uit rood koper vervaardigd verdienen in dit opzicht de voorkeur, daar geel koper gewoonlijk eenig ijzer bevat.

*ad.* 4. Is de stift, waarop de magneetnaald CD rust, juist in het middelpunt M van den verdeelden rand (fig.78)

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

geplaatst, en zijn de met de magnetische polen samenvallende uiteinden C en D der naald met haar steunpunt M in ééne rechte lijn gelegen (*ad.* 5), dan zal, hoe de randverdeeling ook om de draaiingsas der boussole verplaatst worde, de lijn welke de uiteinden der magneetnaald verbindt, steeds eene middellijn van den verdeelden rand zijn, zoodat de verschillen der door de magneetnaald aangewezen richtingen middelpuntshoeken zullen vormen.

Brengt men in dit geval de lijn, die de deelstrepen 0 en 180 van den verdeelden rand verbindt, eerst in de richting MA en daarna in de richting MB, dan zullen de beide polen van de magneetnaald op hunne plaats blijven, en, als de strepen op den verdeelden rand goed zijn aangebracht, zullen de aanwijzingen $NC = a$ en $N'C = b$ van de naar het magnetisch noorden gekeerde, geblauwde punt C der magneetnaald, de magnetische azimuts zijn dier richtingen, en juist 180° verschillen met de aanwijzingen NCD en N'CD van de tegenovergestelde of zuidpool D.

Dus $NC - N'C = NCD - N'CD = \angle AMB = a - b$.

Men zou derhalve in dat geval evengoed de aanwijzingen der zuidpool als die der noordpool tot grondslag der berekening kunnen aannemen.

Is echter het steunpunt der magneetnaald niet *in* het middelpunt M der randverdeeling gelegen, maar bevindt het zich *daarbuiten*, bijv. in eenig punt *s*, dan zal dit punt, bij eene draaiing van den verdeelden rand om het middelpunt M, een cirkel beschrijven, welke de lijn M*s* tot straal heeft.

Brengt men de lijn, welke de deelstrepen 0 en 180 van den verdeelden rand verbindt, wederom in de richtingen MA en MB, dan zal de noordpool der magneetnaald, die achtereenvolgens in C' en C'' is komen te liggen, niet meer zooals daareven, de bogen $NC = a$ en $N'C = b$ als azimuts dierrichtingen aanwijzen, maar wel de bogen NC' en N'C'', die daarvan de boogjes $CC' = \alpha$ en $CC'' = \beta$ verschillen.

Uit de figuur blijkt:

*bg* $NC' = bg\ NC + bg\ CC' = a + \alpha$ en

*bg* $N'C'' = bg\ N'C + bg\ CC'' = b + \beta$, waaruit door aftrekking gevonden wordt:

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

$\angle$ AMB $= bg$ NC′ $- bg$ N′C″ $= a + \alpha - b - \beta =$
$= (a - b) + (\alpha - \beta)$.

Daar de lijn, welke de beide polen van eene buiten het middelpunt van den verdeelden rand ondersteunde magneetnaald verbindt, niet meer in eene middellijn, maar in eene koorde van dien rand gelegen is, kunnen de afwijkingen van de zuidpool der naald niet meer juist 180° met die harer noordpool verschillen. De zuidpool der magneetnaald zal namelijk nu voor de azimuts der richtingen MA en MB de bogen NC′D′ en N′C″D″ aanwijzen.

Uit de figuur kan echter worden afgeleid:
$bg$ NC′D′ $= 180° + bg$ ZD $- bg$ DD′ $= 180° + bg$ NC $- bg$ CC′
$= 180° + a - \alpha$,
$bg$ N′C″D″ $= 180° + bg$ Z′D $- bg$ DD″ $= 180° + bg$ N′C $- bg$ CC″
$= 180° + b - \beta$;
en nu wederom in de verkeerde veronderstelling, dat hun verschil de hoek AMB zou geven, ter verkrijging van dien hoek deze beide bogen van elkander aftrekkende, vindt men:
$\angle$ AMB $= bg$ NC′D′ $- bg$ N′C″D″ $= (180° + a - \alpha) -$
$- (180° + b - \beta) = (a - b) - (\alpha - \beta)$.

Bij deze waarde voor $\angle$ AMB die optellende, welke zooeven uit het verschil der aflezingen van de noordpool der magneetnaald werd afgeleid, verkrijgt men:

$$2 \angle \text{AMB} = 2a - 2b, \text{ of } \angle \text{AMB} = a - b,$$

dat is weder de juiste waarde voor dien hoek.

Is dus bij eene boussole het steunpunt der magneetnaald niet in het middelpunt van haren verdeelden rand geplaatst, dan zullen de aanwijzingen van de noordpool niet juist 180° verschillen met die der zuidpool, en zal de halve som der aanwijzingen verminderd met 90° het magnetisch azimut geven. Men kan dan echter dit azimut ook vinden door van de aflezing bij de zuidpool der naald 180° af te trekken, en daarna het gemiddelde te nemen van het aldus verkregen verschil en het bij de noordpool afgelezene.

Uit het vorenstaande volgt van zelve, op welke wijze men de boussole op den eisch, dat de magneetnaald centrisch moet geplaatst zijn, onderzoeken kan.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Heeft men zich door meting overtuigd, dat de beide deelen der naald ter weerszijden van het steunpunt even lang zijn, dan kan men voor het onderzoek op den gestelden eisch in den regel volstaan, door de boussole om hare as langzaam rond te draaien, na te gaan of de naaldpunten daarbij steeds even ver van den verdeelden rand verwijderd blijven, en de naald dus juist in het midden van den verdeelden rand ondersteund wordt. Wijkt het steunpunt der magneetnaald niet te ver uit het middelpunt van den verdeelden rand af, dan kan men, door aan de dunne stift, waarop de naald rust, eene kleine buiging te geven, het boveneinde dier stift in het middelpunt van den rand brengen.

*ad.* 5. Zijn de beide uiteinden eener magneetnaald niet in ééne rechte lijn met haar steunpunt gelegen, doch komt overigens dit laatste overeen met het middelpunt van den verdeelden rand, en laat ook de verdeeling van dien rand niets te wenschen over, dan zal het verschil tusschen de aflezingen aan de beide polen der naald, alhoewel niet zuiver 180° bedragende, toch over den geheelen rand standvastig blijven. Om in dit geval een fout te ontgaan, moet men weder aan noord- en zuidpool aflezen, en het gemiddelde van de beide aflezingen, verminderd met 90°, aannemen.

Men dient zich alsdan echter nog te overtuigen, of de mechanische as der magneetnaald — de lijn die hare uiteinden vereenigt — met hare magnetische as — de lijn die hare polen verbindt — overeenstemt.

Komen die assen bijv. niet overeen, en zij in fig. 80 *cd* de mechanische en *ab* de magnetische as der magneetnaald dan zal de afwijking der lijn N Z uit het magnetische meridiaanvlak niet, zooals het behoorde, door den boog *Na*, maar door den boog *Nc* worden aangewezen.

Hangt men daarna de magneetnaald zoodanig aan een draad op, dat haar bovenvlak naar beneden gekeerd is, en haar in het agaten dopje gelegen steunpunt zich juist boven de spits der stift bevindt, waarop zij zooeven rustte, dan zal de magnetische as *ab* der naald nauwkeurig hare ligging in het magnetische meridiaanvlak hernemen, maar de mechanische as *cd* daarentegen in eene richting *c'd'* komen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De nu door het geblauwde, naar het noorden gekeerde uiteinde der magneetnaald aangewezen boog $Nc'$ is dus wederom niet de ware afwijking der lijn $NZ$ uit den magnetischen meridiaan, maar de door de naaldpunt aangewezene afwijking in den tweeden stand der naald zal evenveel te klein zijn, als zij in den eersten stand te groot was.

Het gemiddelde van de aflezingen aan de uiteinden der magneetnaald in rechten en omgelegden stand zal dus hare magnetische as aanwijzen.

Is het magnetische azimut van een bepaalde richting bekend, dan zal men bij eene boussole, waarbij de magneetnaald juist in het middelpunt van den verdeelden rand wordt ondersteund, de verdeeling van dezen nauwkeurig is aangebracht en ten slotte de lijn $NZ$ op den verdeelden rand evenwijdig is met het vlak, waarin zich de vizierlijn bij wenteling van den kijker om zijne draaiingsas beweegt, de onderlinge ligging der magnetische en mechanische assen der magneetnaald kunnen vinden, door vergelijking van de door de naaldpunten voor die richting aangewezene afwijking uit het magnetische meridiaanvlak met het bekende azimut.

*ad.* 6. Na den verdeelden rand van de boussole door middel van een vooraf geregeld buisniveau waterpas gesteld te hebben, draaie men de boussole met dat niveau langzaam om hare draaiingsas. Blijft bij deze beweging de bel inspelen, m.a.w., blijft de verdeelde rand daarbij steeds waterpas, dan is de draaiingsas verticaal, en dus loodrecht op het vlak van den rand.

Verplaatst de bel zich daarbij echter langzaam van het midden naar een der uiteinden van de luchtbelbuis, dan is het vlak van den verdeelden rand niet rechthoekig op de draaiingsas der boussole, en toont de stand der bel, bij hare grootste afwijking uit het midden, van zelve aan, naar welke zijde en onder welken hoek, de draaiingsas op het vlak van den verdeelden rand helt.

De door de verplaatsing van de bel aangewezene helling van het vlak van den verdeelden rand buiten het waterpasse vlak zal namelijk overeenkomen met het dubbele van den hoek, welke de draaiingsas in de richting der libel uit den verticalen stand afwijkt.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Zij R R′ (fig. 81) bijv. eene doorsnede over den waterpas gestelden, verdeelden rand der boussole in de richting waar, bij de ronddraaiing der boussoledoos, de bel de grootste uitwijking verkreeg, en laat $Ms$ de draaiingsas van dit instrument voorstellen, welke de hoek $sMs' = \alpha$ uit den verticalen stand afwijkt.

Draait men de boussole 180° om hare as, dan zal $r r'$ de doorsnede van den verdeelden rand in dien tweeden stand van het instrument voorstellen, welke met de aanvankelijke doorsnede van dien rand RR′ een hoek $r'MR = 2\ \alpha$ maakt.

Want $\angle$ RM$s$ = 90° − $\alpha$, $\angle$ R′M$s$ = 90° + $\alpha$, en $\angle$ $r'$MR = $\angle$ $r'$M$s$ − $\angle$ RM$s$, en, daar $r'Ms = R'Ms$, omdat zij beiden uit de twee gelijke hoeken RM$s$ en $r$M$s$ plus de twee gelijke hoeken $r'$MR en R′M$r$ bestaan, zoo heeft men ook $\angle$ $r'$MR = $\angle$ R′M$s$ − RM$s$ = (90° + $\alpha$) − (90° − $\alpha$) = 2 $\alpha$.

Geringe afwijkingen van de as der boussole uit den loodrechten stand op het vlak van den verdeelden rand kunnen, met het oog op de met de boussole te bereiken graad van nauwkeurigheid, buiten rekening blijven.

Groote afwijkingen zullen echter door den instrumentmaker moeten worden hersteld, of tot afkeuring van het instrument aanleiding geven.

Valt de draaiingsas van de boussole niet samen met die van de stift, waarop de magneetnaald rust, dan zal het verschil van de naar twee richtingen afgelezene azimuts niet meer met juistheid den hoek aangeven, welke die twee richtingen onderling maken.

Zij bijv. $s$ (fig. 82) de projectie op het horizontale vlak van de verticaal boven het hoekpunt van den te meten hoek A$s$B = $w$ opgestelde draaiingsas der boussole. Laat voorts M de projectie op het waterpasse vlak zijn van de in het middelpunt der randverdeeling geplaatste, de magneetnaald ondersteunende stift, wanneer de met de vizierlijn evenwijdige lijn NZ, welke de deelstrepen 0 en 180 verbindt, op het punt A gericht is, dan zal boog NDC = $\delta$ op de boussole het azimut aangeven van de richting naar het voorwerp A.

Stelle men daarna de boussole, door eene draaiing om hare as $s$, op het voorwerp B in, dan zal de lijn NZ, na den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

hoek $Ns'N' = N''M'N' = w'$ doorloopen te hebben, in de richting Z'N'B gekomen zijn; het steunpunt der magneetnaald zal zich van M naar M', de naald zelve van CD naar C D' verplaatst hebben, en dus het azimut van de richting naar het voorwerp B door den boog $N'Z''C' = \vartheta'$ worden aangewezen.

De afstand $Ms = M's = e$ van het steunpunt der magneetnaald tot aan de draaiingsas der boussole zal evenwel dezelfde gebleven zijn, terwijl ook de hoek $NMs = N'M's = \nu$, welke die afstand met de verbindingslijn der deelstrepen 0 en 180 maakt, niet veranderd is.

De hoek $w' = \vartheta - \vartheta'$, afgeleid uit de voor de richtingen naar de voorwerpen A en B afgelezene azimuts, zal echter met de ware, door de richtingen naar die voorwerpen gevormde hoek $AsB = w$, een verschil $f = w - w'$ maken.

Uit de figuur blijkt dadelijk $\angle As''B = w + \beta = w' + \alpha$ of $w - w' = \alpha - \beta = f$. In $\triangle AMs$, $As = a$, en in $\triangle BM's$ $Bs = b$ stellende, is $a \sin \alpha = e \sin \nu$, en $b \sin \beta = e \sin \nu$, waaruit, daar $\alpha$ en $\beta$ zeer kleine hoeken zijn, $f = \alpha - \beta = \frac{e \sin \nu}{\sin 1''} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$ gevonden wordt.

$Ms = e = 2$ millimeters, $a = 10$, $b = 20$ meters en $\nu = 90^\circ$ nemende, wordt $f = 41'',26$ hetgeen een onbeduidend verschil voor eene boussoleaanwijzing daarstelt.

Ten einde te onderzoeken, of de draaiingsas der boussole in dezelfde verticale lijn gelegen is met het, in het middelpunt der randverdeeling geplaatste, steunpunt $s$ der magneetnaald, stelle men den verdeelden rand der boussole horizontaal, neme de magneetnaald van de haar ondersteunende stift af, en plaatse op die stift eene andere speciaal daartoe vervaardigde, hoogere, holle stift (fig. 83) zoodanig, dat beider assen samenvallen.

Na op eenigen afstand een baak A verticaal opgesteld en nauwkeurig nagegaan te hebben, welk verwijderd, scherp waarneembaar punt B in ééne rechte lijn met de stift $s$ gelegen is (fig. 84), draaie men de boussole om hare as een weinig naar rechts en naar links. Blijft bij die beweging de stift $s$ juist in de richting van de baak A en het punt B, dan valt de draaiingsas der boussole ook samen met die der stift,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waarop de magneetnaald rust. Is de stift niet in, doch bijv. in C, buiten de draaiingsas gelegen, dan zal het punt C aanvankelijk in ééne rechte lijn met die baak gelegen zijn, doch bij de draaiing der boussole naar links en rechts, zal het zich naar C′, C″ enz. buiten de richting AB verplaatsen. Zoodra de stift C der magneetnaald in de punten C‴ en C⁗ gekomen is, zal zij hare grootste afwijking uit de lijn AB bereikt hebben, en kunnen afstand en richting, waarin zij ten opzichte van de draaiingsas der boussole geplaatst is, gemakkelijk bepaald worden.

Fouten, het gevolg van dit euvel, zullen, zooals boven reeds werd aangetoond, zelden belangrijk genoeg zijn, om daarmede rekening te houden.

Mocht echter aan het instrument verbetering in dit opzicht noodzakelijk zijn, dan behoort die door den instrumentmaker te worden aangebracht.

*ad.* 7. Om te onderzoeken of de draaiingsas van den kijker rechthoekig staat op de boussoleas, en de vizierlijn van den kijker rechthoekig is op diens draaiingsas, waardoor zij bij eene wenteling van den kijker in een verticaal of projectievlak ten opzichte van den horizontaal gestelden, verdeelden rand gelegen blijft, richt men, na den rand met behulp van een buisniveau nauwkeurig horizontaal gesteld te hebben, de vizierlijn van den kijker der boussole op een op eenigen afstand opgehangen koord met schietlood, en overtuige zich, of het snijpunt der kruisdraden, bij eene wenteling van den kijker om zijne draaiingsas, het koord van het schietlood voortdurend blijft bedekken.

Is dit niet het geval, dan is het vlak, waarin de richtlijn zich bij de wenteling van den kijker om zijne draaiingsas beweegt, niet verticaal, en staat het dus niet loodrecht op het waterpas gestelde vlak van den verdeelden rand.

Eene inrichting, om eene in dit opzicht gevondene fout te verbeteren, is echter aan het instrument niet aangebracht. De fabrikant zal derhalve bij de samenstelling van het instrument zorg moeten dragen, dat het aan de besprokene voorwaarde voldoet.

De vizierlijn der vizierinrichting kan, zooals vroeger reeds

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

met een enkel woord gezegd werd, in hetzelfde vlak gebracht worden met die van den kijker.

Na den kijker met het snijpunt der kruisdraden juist op het koord van het opgehangen schietlood gericht te hebben, make men daartoe — door de schroefjes *l* een weinig los te draaien — de ringen *b* (fig. 77), waarop de vizieren O en V zijn aangebracht, los, en verplaatse die vizieren zoolang, totdat ook de door deze bepaalde vizierlijn nauwkeurig op het schietlood gericht is, waarna de ringen *b* met behulp der schroefjes *l* in dien stand worden vastgeklemd.

Is het vlak, beschreven door de vizierlijnen van kijker en vizierinrichting, bij eene wenteling van den kijker om zijne draaiingsas, alhoewel loodrecht op den horizontaal gestelden verdeelden rand, niet evenwijdig met de lijn *NZ*, die de deelstrepen 0 en 180 van den verdeelden rand verbindt, dan zal, bij eene peiling op eenig voorwerp met eene der beide richtmiddelen, de magneetnaald de afwijking dier richting uit het magnetische meridiaanvlak niet meer juist, maar zooveel te groot of te klein aanwijzen, als de hoek bedraagt, welke de lijn *NZ* met het door de vizierlijn bij eene wenteling van den kijker beschreven vlak maakt.

Diende de boussole slechts om den hoek, door twee richtingen gevormd, te meten, dan zou de bedoelde miswijzing, daar zij voor alle richtingen dezelfde is, geen invloed uitoefenen op het resultaat.

Wordt de boussole echter, zooals meestal het geval is, gebruikt, om de afwijking van verschillende richtingen uit het magnetische meridiaanvlak te bepalen, dan zou men de miswijzing strikt genomen moeten kennen.

Men kan echter ook volstaan met deze fout, daar ze constant is, bij de bepaling der declinatie van de magneetnaald (§ 159) in de gevondene afwijking uit het geograpische meridiaanvlak te begrijpen.

Wil men de besprokene miswijzing echter kennen, dan legge men een aan weerszijden bezwaard, dun koord zoodanig over het bovenvlak der met haren verdeelden rand waterpas gestelde boussole, dat het koord juist in het verticale vlak gelegen is, dat door de deelstrepen 90 en 270 van den limbus

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

kan gedacht worden. Daarna brenge men dit koord nauwkeurig in de richting van een zich op eenigen afstand bevindend voorwerp, en leze de aanwijzing der magneetnaald af. Vervolgens peile men met den kijker of de vizierinrichting datzelfde voorwerp aan, en leze wederom de aanwijzing der naald af. Verschillen de beide aflezingen onderling juist 90°, dan is het vlak der vizierlijn parallel aan het vlak loodrecht op den verdeelden rand door de deelstrepen 0 en 180 gedacht; zoo niet, dan zal de afwijking van dat verschil van 90° den hoek aanwijzen, welke beide vlakken in den eenen of anderen zin onderling maken.

§ 169. Het hoofddoel der boussole is het meten van richtingen (azimuts), ten einde de ligging van eenig daarin gelegen punt, na bepaling van den afstand, waarop het van het punt van waarneming verwijderd is, op de kaart te kunnen aangeven.

Door aftrekking kan echter ook het verschil der azimuts, dat zijn de hoeken, welke een of meer richtingen onderling maken, gevonden worden.

Om de boussole te gebruiken, stelle men het instrument, aannemende, dat het aan de in de vorige § vermelde voorwaarden voldoet, op de in § 167 beschrevene wijze, boven het punt van waarneming $s$ (fig. 79) op.

Vervolgens richte men met den kijker of de vizierinrichting op het punt, waarvan men de richting wil kennen, bijv. op het punt A, dan zal de met de vizierlijn evenwijdige lijn NZ, welke de deelstrepen 0 en 180 op den verdeelden rand verbindt, ook naar het voorwerp A gericht zijn, en wordt het magnetisch azimut dier richting aangegeven door den boog $NC = a$, gemeten van het nulpunt N van den verdeelden rand tot aan de geblauwde punt C der magneetnaald CD.

Om de richting van een tweede voorwerp B te meten, handele men ten opzichte van dit voorwerp als hierboven voor A is gezegd, waardoor de met die vizierlijn evenwijdige lijn NZ in de richting $N'Z'$ van dat voorwerp gebracht zal zijn, en voor het magnetisch azimut dier richting, op gelijke wijze als boven, $N'C = a'$ zal worden afgelezen.

Om nu den hoek $w$ te berekenen, welke de richtingen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

naar de voorwerpen A en B onderling maken, lette men op, of de beide richtingen aan eene, dan wel aan weerszijden van de magneetnaald gelegen zijn.

In het eerste geval zal de hoek verkregen worden door het kleinste der afgelezene azimuts van het grootste af te trekken; daar bij de richtingen naar A en naar B, $a' < a$ is, wordt $\angle$ A $s$ B $= w = a - a'$ gevonden.

In het tweede geval, zal men om den hoek te vinden, eerst het kleinste azimut met 360° moeten vermeerderen, en daarna daarvan het grootste moeten aftrekken.

Was bijv. bij eene peiling met de boussole naar het voorwerp E het azimut N″DC $= a''$ afgelezen, en moest de hoek voor die richting met die naar het voorwerp B gevormd, gemeten worden, dan zou, daar hier $a' < a''$ is, $a'$ eerst met 360° vermeerderd, en daarna $a''$ daarvan afgetrokken moeten worden, waaruit volgt: $\angle$ BsE $= w' = 360° + a' - a''$.

Betreffende de aflezingen op den verdeelden rand valt nog op te merken, dat men zich daarbij, om verschilzicht (parallax) te ontgaan, met het oog juist in het verlengde van de magneetnaald moet plaatsen, terwijl men de excentriciteitsfout der naald buiten rekening moet brengen, door aan beide naaldpunten af te lezen, en het gemiddelde daarvan als azimut aan te nemen (§ 168, ad 4).

Bij vorenstaande beschouwingen werd aangenomen, dat met de vizierlijn van den kijker, of van de vizierinrichting, ook de met die vizierlijn evenwijdige lijn NZ op eenig voorwerp gericht was. Inderdaad zal dit evenwel niet plaats hebben. Daar echter de afstand tusschen de verticale vlakken door de vizierlijn en de lijn NZ gebracht, gewoonlijk niet meer dan één decimeter bedraagt, zoo kan men voor groote afstanden wel aannemen, dat beide lijnen hierbij op hetzelfde punt gericht zijn.

De fout in de bepaling eener richting, door de uitmiddelpuntige plaatsing der vizierlijn bij de boussole ontstaan, kan echter ook ontgaan worden, door op het richtbordje der te bezigen baak, het richtpunt zooveel rechts of links buiten de as der baak aan te geven, als de richtlijn rechts of links uit het middelpunt van den verdeelden rand der boussole is geplaatst, dan wel door in plaats van het middelpunt van

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den rand, de draaiingsas van den kijker boven het punt van opstelling te brengen.

Om in plaats van het magnetisch, het geographisch azimut te leeren kennen, moet voor *Nederlandsch-Indië*, waar de afwijking der magneetnaald uit het geographisch meridiaanvlak oostelijk is, van het op de boussole afgelezen azimut alsnog de declinatie der magneetnaald afgetrokken worden.

Menigmaal ondergaat de stand der magneetnaald door de aantrekkingskracht van in den bodem aanwezige ijzerhoudende ertsen belangrijke, plaatselijke miswijzingen (*locale attractie*), welke niet altijd geconstateerd noch bepaald kunnen worden.

Bij de topographische opneming, waarbij tal van door triangulatie bepaalde stations de nauwkeurigheid der meting verzekeren, kunnen dergelijke, plaatselijke afwijkingen spoedig ontdekt, en na de bepaling harer waarde, buiten rekening gebracht worden. Tijdens de metingen worden namelijk voordurend de richtingen van alle zichtbare stations genomen, ten einde bij de carteering zich van de juistheid der meting te kunnen overtuigen. Wijzen die richtingen daarbij afwijkingen aan, dan wordt er een onderzoek ingesteld.

Heeft men op eenig punt eenige, bijv. 3 stations aangepeild en de zekerheid verkregen, dat bij de opteekening der azimuts geene fouten zijn begaan, dan zullen, wanneer geene locale attractie bestaat, de van uit die stations uitgezette richtingen elkander in één punt moeten snijden, dat, wanneer de meting goed is, het punt van waarneming zal moeten aanwijzen.

Snijden zij zich niet in één punt, doch vormen zij een driehoek, dan is vermoedelijk locale attractie daarvan de oorzaak.

Om de waarde dier attractie te bepalen, kan men van uit een der stations, waarvan de richting bepaald werd, en alwaar men de zekerheid heeft, dat geene plaatselijke toestanden op de magneetnaald inwerken — welke zekerheid verkregen kan worden door het van uit dit station naar eenig ander station bepaalde magnetisch azimut, verminderd

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

met de declinatie, met het tusschen die stations bekende geographische azimut te vergelijken — het azimut nemen naar het waarnemingspunt, waar die invloed verondersteld wordt. Door dit omgekeerde azimut wordt van zelve zekerheid omtrent eventueele afwijkingen en hare grootte verkregen.

Was bijv. het aanvankelijk gemeten azimut $a$ en het tot contrôle genomen, omgekeerde azimut $180^\circ + a - b$ gevonden, dan zal eene plaatselijke afwijking ter waarde van $b$ op het eerste punt geconstateerd zijn, welke op alle azimuts, uit dit punt genomen, een zelfden invloed zal uitoefenen.

Mocht het te tijdroovend zijn, om door het nemen van een omgekeerd azimut, de richting en de waarde der locale attractie te bepalen, dan kan men beide nog langs proefondervindelijken weg leeren kennen.

Men begint daartoe bijv. alle uit het punt van waarneming genomene azimuts met eene zelfde kleine waarde te vermeerderen, en na te gaan, of ten gevolge daarvan de zooeven bedoelde, bij de carteering door drie richtingen gevormde, driehoek kleiner of grooter wordt. Wordt zij kleiner, dan vermeerdere men de azimuts nogmaals met eene zelfde kleine waarde, en ga daarmede voort, totdat de richtingen naar die stations elkander juist in één punt snijden. Wordt zij grooter, dan vermindere men achtereenvolgend op gelijke wijze de azimuts, totdat eene snijding der richtingen in één punt verkregen is.

De som dier kleine waarden zal alsdan de grootte der locale miswijzing aangeven, terwijl de richting er van bepaald wordt door de omstandigheid, of die waarden bij de azimuts opgeteld of daarvan afgetrokken zijn moeten worden.

Kan men van eenig punt, waar men locale attractie vermoedt, geene door triangulatie bepaalde stations zien, dan kan de bepaling dier attractie op de navolgende wijze geschieden.

Men kieze daartoe, op het punt van waarneming A, twee andere van daaruit, en ook onderling, duidelijk zichtbare punten B en C, en neme het azimut van A naar B en naar C.

Daarna verplaatse men het instrument naar B, en bepale van daaruit het azimut naar A en dat naar C. Wijst het azimut van B naar A juist 180° verschil aan, met de rich-



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

ting van A naar B verkregen, dan is geene locale miswijzing aanwezig.

Werd echter meer dan 180° verschil tusschen de richting van A naar B en die van B naar A gevonden, dan is locale attractie, zoowel op het punt A als op het punt B mogelijk, en zal dit slechts uitgemaakt kunnen worden, door zich met het instrument naar het punt C te begeven, en van daaruit ook de azimuts naar B en naar A te nemen.

Verschilt daarbij het azimut van C naar B juist 180° van dat van B naar C, dan is het bewijs geleverd, dat er op het punt A miswijzing bestaat, en zal dit bevestigd worden door het vinden van een gelijk verschil in richting boven 180°, tusschen de azimuts van A naar C en van C naar A, als zooeven tusschen die van A naar B en van B naar A verkregen werd.

Blijkt daarentegen het azimut uit C naar A juist 180° met dat van A naar C, en dat van C naar B evenveel meer dan 180° van het azimut van uit B naar C te verschillen, als zooeven de azimuts van B naar A en van A naar B, dan is er afwijking in B.

De grootte en de richting der gevondene miswijzing kan daarna dadelijk uit het verschil der wederkeerige azimuts bepaald worden.

### *d.* De boussole tranchemontagne.

§ 170. De boussole tranchemontagne verschilt van de beschrevene statiefboussole in hoofdzaak slechts daarin, dat hare draaiingsas zuiver verticaal gesteld kan worden, en dat zij van eenen verticaalcirkel is voorzien, ten einde ook hoeken in het verticale vlak te kunnen meten.

Aan deze toevoeging heeft zij vermoedelijk den naam *tranchemontagne* te danken, doelende op het vermogen, om ook de noodige gegevens te leveren tot het bepalen der doorsneden van den bodem met de, bij de opneming van bergterrein op onderling gelijke afstanden gedachte, horizontale vlakken.

Fig. 85 en 86 stellen de bij den topographischen dienst in gebruik zijnde nieuwste soort boussole tranchemontagne voor.

Het geheele instrument rust met een koperen onderstel D, door middel van drie stelschroeven S, $S_1$ en $S_2$ met de daar-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

mede één geheel vormende steunplaatjes met kogelbeweging (zooals die van den theodoliet van *Breithaupt*, §§ 43 en 145) op den ondersteunenden statiefkop K. De inrichting van het statief en de wijze, waarop het instrument daarmede wordt verbonden, komen in hoofdzaak overeen met die van het in fig. 19 afgebeelde, en in § 43 beschrevene statief.

De kop K is echter bij dit statief van koper en heeft den vorm, welke in fig. 85 is voorgesteld.

Aan het onderstel D is een kegelvormig uitgehold, koperen stuk C verbonden, waarin de boussoledoos B, met de aan haar ondervlak — de plaat P — met drie schroeven *m* bevestigde, bronzen, kegelvormige as F (fig. 86) rust.

Deze met het onderstel één geheel vormende, kegelvormige as dient tot verticale of eerste as van het instrument; de boussole moet daarop derhalve zoodanig rusten, dat de kegelas loodrecht staat op het vlak van den verdeelden boussolerand, en samenvalt met de as van de stift, welke de magneetnaald in het middelpunt van dien verdeelden rand ondersteunt.

Aan het ondereinde van den tot draaiingsas dienenden kegel belet eene daarop geplaatste schroef de aflichting der boussole van het onderstel.

De boussoledoos B met het arreteertoestel A is nagenoeg gelijk aan die, bij de statiefboussole beschreven. Afwijkingen zijn: dat de verdeelde rand in halve graden is verdeeld, waardoor bij eenige oefening eene aflezing tot 5′ mogelijk is, en dat de magneetnaald geen ruitvormig, maar een langwerpig plat staafje is, hetwelk eenigszins boven zijn zwaartepunt wordt ondersteund; deze vorm van de naald laat eene scherpe aflezing toe.

Op de plaat P is evenwijdig met de lijn, welke de deelstrepen 0 en 180 van den verdeelden rand der boussole verbindt, een buisniveau E geplaatst.

Door middel van dit niveau, waarvan de richtlijn ten opzichte der plaat P met de correctieschroef *c* verplaatst kan worden, en met behulp van de aan het onderstel voorhandene stelschroeven, kan, op de in § 24 beschrevene wijze, de eerste as der boussole verticaal, en het daarop rechthoekig

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

staande vlak der randverdeeling derhalve waterpas gesteld worden.

Aan de tegenovergestelde zijde der plaat P is daaronder, met vier schroeven *d* het koperen stuk *b* bevestigd, dat één geheel vormt met den uitgeholden, koperen kegel *k*, welke met vier schroeven zoodanig aan den vertikaalcirkel V verbonden is, dat zijne as loodrecht staat op het middelpunt van dien cirkel.

In den hollen, koperen kegel *k* past volkomen de kegelvormige draaiingsas van den kijker, welke aan den kijker onwrikbaar verbonden is, en door een schroef *g* aan de achterzijde van den hollen kegel *k* opgesloten wordt; tusschen de schroef *g* en het uiteinde van den kegel *k* is een veerend plaatje aangebracht.

De kijker K', een astronomische, met oogbuis van *Ramsden*, waarvan het diaphragma tot het meten van afstanden is ingericht (§ 196), draagt aan een arm *e* den nonius N, welke bij eene wenteling van den kijker om zijne as, langs den verdeelden rand van den verticaalcirkel wordt gevoerd.

Onder aan de plaat P (fig. 86) bevindt zich een koperen nok *h*, waarom het stuk *b*, met behulp van de vier schroeven *d*, eene kleine wenteling kan ondergaan. Bij deze wenteling verplaatst zich de holle kegel *k*, en dientengevolge de draaiingsas van den kijker — de tweede as van het instrument — eenigszins in het verticale vlak. Door deze inrichting is het derhalve mogelijk, de tweede as van het instrument rechthoekig te brengen op de eerste as.

Met de twee schroefjes *h* en *h''* (fig. 85) welke zijdelings op het diaphragma van den kijker werken, kan verder de vizierlijn van den kijker rechthoekig gesteld worden op de tweede as. Door verplaatsing van het stuk *b*, waaraan de kijker verbonden is, in het horizontale vlak, kan daarna de vizierlijn van den kijker evenwijdig gebracht worden met de lijn N Z, welke op den verdeelden rand der boussole de strepen 0 en 180 verbindt; deze verplaatsing moet geschieden door een der schroefjes *a* en *a'* (de laatste in de beide figuren niet zichtbaar), waarvan de voetpunten tegen den nok *i* onder de plaat P werken, en wier moeren in het stuk *b* gesne-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den zijn, in, en het tegenoverstaande schroefje tevens uit te draaien of omgekeerd.

Op den kijker is nog een schroefje *l* (fig. 85), dat losgedraaid zijnde, een kleine verplaatsing van de geheele oculairbuis om hare as toelaat, en dat, nadat de verticale kruisdraad in het omwentelingsvlak der vizierlijn gebracht is, wederom wordt aangeschroefd.

Boven den kijker is eene vizierinrichting aangebracht, welke niet verstelbaar is, en derhalve slechts tot eene voorloopige richting kan dienen; de vizierlijn dezer vizierinrichting moet daartoe evenwel nagenoeg in het zelfde vlak met en evenwijdig aan de vizierlijn van den kijker gelegen zijn.

De nonius N (fig. 85 en 86) is zijdelings een weinig verplaatsbaar door de schroefjes, waarmede hij aan den arm *e* verbonden is, iets los te draaien, en daarna het noniusstuk in de sleuven, welke in den arm *e* tot het doorlaten dier schroeven zijn aangebracht, een weinig te laten wentelen; door deze verplaatsing kan een eventueel bestaande indexfout weggenomen, en derhalve overeenstemming van het nulpunt van den nonius met dat op den verdeelden rand van den verticaalcirkel verkregen worden.

De verticaalcirkel is verdeeld in halve graden, van een nulpunt uit links en rechts omgaande tot 180°. De nonius heeft ter weerszijden van zijn nulpunt 30 deelen, wier lengte met die van 29 deelen van den verdeelden rand overeenkomt, ten gevolge waarvan men op den verticaalcirkel heele minuten rechtstreeks aflezen, en halve minuten nog schatten kan.

Daar slechts ééne nonius is aangebracht, kunnen excentriciteitsfouten bij den verticaalcirkel niet door dubbele aflezingen worden opgeheven.

De inrichtingen tot vastklemmen en fijne beweging $M_1$, werkende op de eerste as, en $M_2$, werkende op de tweede as van het instrument, (fig. 85) komen, wat de inrichting betreft, geheel overeen met die in § 40 beschreven.

Onder het buisniveau is aan de plaat P een met koper omkleed, looden tegenwicht T aangebracht, ten einde tegen den last van den kijker en van den verticaalcirkel op te

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

wegen, en het bovenstel van het instrument daardoor in evenwicht te houden.

§ 171. Bij de boussole tranchemontagne moet aan de navolgende eischen van *regeling* en van *opstelling* voldaan worden:

*a. Eischen van regeling.*

1°. De richtlijn van het niveau op de boussole moet rechthoekig staan op de draaiingsas der boussole (de eerste as).

2°. De draaiingsas van den kijker (de tweede as) moet rechthoekig staan op de boussoleas (de eerste as).

3°. De vizierlijn van den kijker moet, bij eene wenteling van den kijker om zijne draaiingsas, zich in een vlak bewegen, dat rechthoekig staat op die as, en evenwijdig is met een vlak door de lijn NZ, welke de deelstrepen 0 en 180 op den verdeelden rand der boussole verbindt, loodrecht op dien rand gedacht.

4°. Het nulpunt van den verticaalcirkel moet met het nulpunt van den nonius overeenstemmen, zoodra de vizierlijn van den kijker met de loodrecht gestelde draaiingsas der boussole (eerste as) een rechten hoek maakt.

*b. Eischen van opstelling.*

1°. De eerste as der boussole moet loodrecht boven het punt van waarneming gelegen zijn.

2°. De eerste as moet verticaal staan.

*Eerste eisch van regeling.* Deze regeling geschiedt geheel op de wijze aangegeven in § 21.

*Tweede* en *derde eisch van regeling.* De rechthoekige stand van de tweede op de eerste as, en die van de vizierlijn van den kijker op de tweede as, moeten gelijktijdig onderzocht worden, op de wijze aangegeven in § 133.

Blijkt de tweede as niet rechthoekig op de eerste as te staan, dan moet men, door de beide buitenste schroefjes *d* (fig. 86), welke op het stuk *b* werken, uit of in, en daarna de beide binnenste schroefjes *d* in of uit te draaien, dat stuk en de daarmede samenhangende draaiingsas van

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

den kijker om den nok $h$, zooveel als noodig zal blijken, doen wentelen.

Is de vizierlijn van den kijker niet rechthoekig op de tweede as, dan dient die fout, met behulp der zijdelings op het diaphragma van den kijker werkende schroefjes $h$ en $h''$, weggenomen te worden.

Ten einde te onderzoeken of het vlak, waarin de vizierlijn zich bij eene wenteling van den kijker beweegt, evenwijdig is met het vlak loodrecht op den verdeelden rand der boussole, door de lijn NZ gedacht, handele men op de wijze vermeld aan het slot van § 168, sub 7.

Met de schroefjes $a$ en $a'$, welke op de nok $i$ van de plaat P werken, kan aan het stuk $b$ en den daarmede samenhangenden kijker de noodige zijdelingsche verplaatsing gegeven worden (§ 170).

Zooals in § 168 sub 7 echter reeds werd opgemerkt, behoeft een fout in dit opzicht niet hersteld te worden, daar men die afwijking in de bij het magnetisch azimut op te tellen declinatie kan begrijpen.

*Vierde eisch van regeling.* Na de draaiingsas der boussole verticaal gesteld te hebben, richte men met den kijker op een scherp begrensd, verwijderd punt, en leze den hoek af, door het nulpunt van den nonius op den verdeelden rand aangewezen.

Daarna sla men den kijker door, draaie de boussole 180° om, en stelle wederom op hetzelfde punt in. Wijst de nul van den nonius nu weder hetzelfde aantal graden en minuten aan, als bij de eerste instelling was verkregen, dan zullen de nulpunten van nonius en verticaalcirkel overeenstemmen, wanneer de vizierlijn rechthoekig op de verticaal gestelde draaiingsas staat, en dus in het waterpasse vlak is gelegen.

Verschillen in dit opzicht worden òf geconstateerd, en bij de meting in rekening gebracht, òf voor de helft weggenomen, door de kruisdraden met behulp van de schroefjes $h'$ en $h'''$, welke op het diaphragma werken, zooveel noodig in het verticale vlak te verplaatsen. De verticale draad moet echter daarbij in verticale richting blijven: Wijkt hij daarvan af, dan moet de ontstane fout hersteld worden, door

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

eerst de schroef *l* los te draaien, en na de oculairbuis, zoover als noodig is, omgedraaid te hebben, den stand dier buis te verzekeren, door de schroef *l* wederom aan te draaien.

De overeenstemming van de hoeken in den gewonen en in den doorgeslagen stand van den kijker kan echter ook verkregen worden, door den nonius, zooveel als daartoe vereischt wordt, te verplaatsen op de reeds in § 170 beschrevene wijze.

*Eerste eisch van opstelling.* Daaraan wordt voldaan door met een schietlood de eerste as der boussole juist boven het punt van opstelling te plaatsen.

*Tweede eisch van opstelling.* Het verticaal stellen van de eerste as geschiedt, nadat het buisniveau met zijne richtlijn rechthoekig op de eerste as gesteld is, op de in § 24 aangegevene wijze.

§ 172. De tranchemontagne moet verder geheel aan dezelfde voorwaarden voldoen, als voor de statiefboussole in § 168 sub 1, 2, 3, 4, 5 en 6 vermeld. Aan de in die § gestelde, zevende voorwaarde werd bij de boussole tranchemontagne reeds voldaan door de hiervoren sub 2 en 3 gestelde eischen van regeling.

Voor de keuring der boussole tranchemontagne kan dus, wat de eischen sub 1—6 betreft, geheel naar § 168 worden verwezen.

Verder zal echter nog moeten worden nagegaan:

7°, of de verdeelingen op den verticaalcirkel en den nonius nauwkeurig zijn aangebracht;

8°, of de verticaalcirkel loodrecht staat op de draaiingsas van den kijker.

Voor het onderzoek op deze beide eischen vergelijke men het in § 143 bekend gestelde.

§ 173. Voor het gebruik der boussole tranchemontagne tot het bepalen van richtingen of van horizontale hoeken, kan geheel naar § 169 worden verwezen, terwijl het meten daarmede van verticale hoeken geheel op dezelfde wijze geschiedt als in § 144 voor het meten van verticale hoeken met den theodoliet is beschreven.

### *e.* De theodolietboussole van Lingke.

§ 174. De theodolietboussole van *A. Lingke en C°.* te *Freiburg*,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

afgebeeld in fig. 87, is een kleine theodoliet, op het bovenvlak van de alhidade, voorzien van eene boussole.

De horizontale, verdeelde rand R R is met het kegelvormig uitgeholde, koperen stuk C onveranderlijk verbonden aan het onderstel O, waarmede het instrument met drie stelschroeven op het statief rust. Dit statief is nagenoeg geheel gelijk aan dat in § 43 (fig. 19) beschreven, terwijl de bevestiging van het instrument daarop, op nagenoeg gelijke wijze geschiedt, als bij den theodoliet van *Breithaupt* (§ 145).

De alhidade A, welke met haar metalen draaiingsas (eerste as) het stuk C en het onderstel O doorboort, is een liniaal met twee ter weerszijden uitstekende gedeelten *g* en *g'*.

De eerste as, welke in het middelpunt van den horizontalen, verdeelden rand en van de alhidade loodrecht op beide moet staan, is, ten einde het bovenstel aan het onderstel te verbinden, aan de onderzijde van het onderstel O met een schroef met veerend plaatje opgesloten.

Twee klepnoniën N — waarvan slechts één in de figuur zichtbaar is — zijn, aan de einden der alhidade, met hunne nulpunten diametraal tegenover elkander aangebracht. Beide noniën kunnen, met de daarmede verbondene lichtschermpjes *l*, om twee schroefjes *s* als spil opwaarts bewogen worden. De schroefjes *s* geven bovendien gelegenheid, de noniën een weinig langs den horizontalen, verdeelden rand te verplaatsen, ten einde ze met hunne nulpunten nauwkeurig 180° van elkander te stellen.

Het vlak van den horizontalen, verdeelden rand is een plat vlak, doch dat der noniën helt daarop, voor eene gemakkelijke aflezing, onder een hoek van omstreeks 15°.

Bij draaiing om de eerste as blijft de rand der noniën echter nauwkeurig aan den verdeelden rand sluiten, en kan men derhalve het vlak van dien rand als beider gemeenschappelijk vlak beschouwen.

De horizontale rand is rechts omgaande verdeeld in halve graden, terwijl 30 nonius- met 29 randdeelen overeenstemmen, waardoor aflezing tot op 1′ nauwkeurig en schatting tot op 30″ verkregen kan worden.

Op het uitstekende gedeelte *g*, aan de eene zijde van de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

alhidade, is de drager D, van den kijker en den verticaalcirkel, in dier voege verbonden, dat de stand er van ten opzichte van het vlak der alhidade en van den verdeelden rand, door middel der schroeven *d* en *t* — waarvan de eerste een druk- en de tweede een trekschroef is —, zoo noodig kan worden gewijzigd.

Boven het uitstekende gedeelte *g'* der alhidade is de boussole B bevestigd.

Het middelpunt van den verdeelden rand der boussole is buiten de eerste as gelegen, terwijl de lijn, die de deelstrepen 180 en 360 verbindt, evenwijdig is aan het vlak, waarin de vizierlijn van den kijker zich beweegt.

De magneetnaald is, even als bij de boussole tranchemontagne, een langwerpig, plat staafje.

Het in de figuur slechts ten deele zichtbare arreteertoestel werkt door middel van een schroef, aan de onderzijde der boussoledoos aangebracht.

De verdeelde rand der boussole is links omgaande in halve graden verdeeld, doch, daar de middellijn van dien rand slechts 8.5 centimeter bedraagt, kan de aflezing der aanwijzing van de naald daarop niet zoo nauwkeurig plaats hebben, als bij den veel grooteren limbus der boussole tranchemontagne.

Schatting tot in kwart graden is dus het uiterste, wat men verwachten mag.

Tusschen den drager D en de boussole B is op de alhidade nog een buisniveau L geplaatst, welks richtlijn evenwijdig is aan het vlak, waarin de vizierlijn van den kijker zich beweegt, en met de lijn, welke de deelstrepen 180 en 360 op den verdeelden rand der boussole verbindt, en dat op de in § 21 vermelde wijze ten opzichte van de eerste as kan geregeld worden.

Door de klemschroef K aan te draaien, wordt de beweging van het om den uitgeholden, koperen kegel C draaibare stuk S S gestremd, waarna met de micrometerinrichting M nog kleine bewegingen om de alhidadeas aan het — met het uitstekende gedeelte *g* der alhidade, en dus ook met het geheele bovenstel van het instrument samenhangende — pinnetje P kunnen worden medegedeeld.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Boven aan den drager D is een koperen borst *b* bevestigd, welke kegelvormig is uitgehold, en waarin de kegelvormige, metalen draaiingsas van den, met den verticaalcirkel VV verbonden, kijker juist past.

Deze draaiingsas (tweede as) staat in het middelpunt der randverdeeling rechthoekig op het vlak daarvan, hetwelk, zooals reeds gezegd is, evenwijdig loopt met het verticale vlak, dat door de verdeelingen 180 en 360 van den boussolerand rechthoekig op 't vlak van dien rand kan gedacht worden. Aan de borst *b* zijn tusschen den drager en den verticaalcirkel, aan eene rechthoekig op de richting van dien drager aangebrachte liniaal, twee vaste noniën N′ met lichtschermpjes *l′* bevestigd, welke langs het aan die zijde verdeelde vlak van den verticaalcirkel strijken.

De verticaalcirkel is, van af de beide elkander diametraal tegenoverstaande nulpunten, naar iedere zijde van 0° tot 90° in halve graden verdeeld, terwijl op de noniën ter weerszijden van het nulpunt 30 deelen zijn aangebracht, wier lengte met 29 deelen van den verdeelden cirkel overeenstemt; daardoor kunnen met dit instrument positieve en negatieve elevatiehoeken tot in minuten nauwkeurig en bij schatting tot in halve minuten worden afgelezen.

De kijker is, een astronomische, met oculair van *Ramsden*, ingericht tot afstandmeter en zoodanig met de niet verdeelde zijde van den verticaalcirkel verbonden, dat de vizierlijn door het verlengde der eerste as gesneden wordt; de kijker is dus centrisch geplaatst. Daarenboven kan de kijker, met medevoering van den daaraan verbonden verticaalcirkel, door eene wenteling om de tweede as, langs de objectiefzijde worden doorgeslagen. Boven den kijker, aan welks oculair vier schroefjes *i* zijn aangebracht, om de kruisdraden zoowel in horizontale als in verticale richting te kunnen verplaatsen, is een buisniveau L′ geplaatst, dat voorzien is van een correctieschroefje voor de richtlijn. Aan de onderzijde van den kijker is eene vaste vizierinrichting bevestigd, om op de aan te peilen voorwerpen tennaastenbij te kunnen instellen.

De tweede as is aan haar einde van een ring *r* voorzien,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

welke, door aandraaiing van de schroef K′, met de as kan worden verbonden.

Door middel der micrometerinrichting M′ kunnen daarna, door de met dien ring één geheel vormende stang T, nog kleine bewegingen om die as aan de onderling verbonden kijker en verticaalcirkel worden medegedeeld.

Door middel van eene schroef *a* met veerend plaatje is de tweede as verder aan haar uiteinde opgesloten, ten einde te voorkomen, dat ze uit de haar omringende borst *b* los raakt.

§ 175. De theodolietboussole van *Lingke* moet aan de navolgende eischen van regeling en van opstelling voldoen.

*a. Eischen van regeling.*

1°. De richtlijn van het buisniveau op de alhidade moet rechthoekig staan op de eerste as.

2°. De tweede as moet rechthoekig staan op de eerste as.

3°. De vizierlijn van den kijker moet rechthoekig zijn op de tweede as.

4°. De richtlijn van het buisniveau boven den kijker en de vizierlijn van den kijker moeten onderling evenwijdig zijn, en de nulpunten der noniën op den verticaalcirkel moeten overeenstemmen met die op den verdeelden rand van dien cirkel, wanneer de vizierlijn van den kijker rechthoekig staat op de eerste as.

*b. Eischen van opstelling.*

1°. De eerste as moet loodrecht boven het punt van opstelling zijn.

2°. De eerste as moet verticaal staan.

*Eerste eisch van regeling.* Zie § 21.

*Tweede en derde eisch van regeling.* Zie § 142, sub 2 en 3.

*Vierde eisch van regeling.* Zie § 142, sub 4.

*Eerste en tweede eisch van opstelling.* Zie § 142, sub 1 en 2.

§ 176. Bij de keuring der theodolietboussole van *Lingke* moet nagegaan worden, of dat instrument aan de navolgende voorwaarden voldoet.

1°. Het vlak, waarin de magneetnaald gelegen is, moet met dat van den horizontaal gestelden, verdeelden rand samenvallen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

2°. De magneetnaald moet voldoende gevoelig zijn.

3°. De verdeeling van den verdeelden rand der boussole moet juist zijn, en noch in de samenstellende deelen van dien rand, noch in die van het instrument, mogen zich metalen bevinden, welke op den stand van de magneetnaald een storenden invloed kunnen uitoefenen.

4°. De stift, waarop de magneetnaald rust, moet in het middelpunt van den verdeelden rand der boussole gelegen zijn.

5°. De lijn, welke de beide uiteinden der magneetnaald verbindt, moet door haar steunpunt gaan en met hare magnetische as samenvallen.

6°. De vizierlijn van den kijker moet, bij eene wenteling om diens draaiingsas, zich in een vlak bewegen evenwijdig met dat, door de deelstrepen 180 en 360 loodrecht op den verdeelden rand der boussole gedacht.

7°. Het middelpunt van de alhidade moet met dat van den horizontalen rand, en het middelpunt van den verticaalcirkel met dat van de verdeelingen op de noniën van dien cirkel samenvallen.

8°. De verdeelingen op de beide verdeelde randen en op hunne noniën moeten nauwkeurig zijn aangebracht.

9°. De alhidadeas moet loodrecht staan op het vlak van den horizontalen verdeelden rand en van den limbus der boussole.

10°. De verticaalcirkel moet loodrecht op de draaiingsas van den kijker zijn aangebracht.

Voor het onderzoek of de theodolietboussole aan deze voorwaarden voldoet, wordt verwezen naar hetgeen in de §§ 143 en 168 betreffende de keuring van den theodoliet van *Pistor en Martins* en van de statiefboussole is vermeld.

§ 177. De theodolietboussole eigent zich door haar samenstelling tot alle hoekmetingen, welke met den theodoliet en met de boussole kunnen verricht worden.

Voor eene omschrijving van de wijze, hoe dit instrument moet worden gebruikt, kan derhalve veilig verwezen worden naar hetgeen dienaangaande voor den theodoliet en voor de boussole werd vermeld.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De excentrische plaatsing der boussole ten opzichte van de draaiingsas van het instrument is van zoo geringen invloed op de aanwijzingen der boussole, dat zij, bij de berekening van de grootte der daaruit af te leiden azimuts en hoeken, buiten rekening kan blijven.

Zij bijv. M (fig. 88) de horizontale projectie der eerste as en $\angle$ AMB $= w$ de te meten hoek, die voor de punten A en B, door aftrekking uit de gemiddelden der aflezingen $a$ en $a'$ en $b$ en $b'$ van beide noniën, op den horizontalen verdeelden theodolietrand werd verkregen. Laat $m$ het middelpunt van den verdeelden rand der boussole, $c\,d$ de magneetnaald en Z N de lijn voorstellen, die de deelstrepen 180 en 360 verbindt, wanneer de kijker op het punt A gericht is, dan zal $\angle$ N $m\,c = \alpha$ het azimut der richting naar dat voorwerp aangeven. Wordt daarna de kijker op het punt B gericht, dan zal zich het middelpunt van de randverdeeling der boussole naar $m'$, de magneetnaald naar $c'd'$, en de lijn Z N naar Z′ N′ verplaatsen, en het azimut van de richting naar B, de boog $N'c' = \angle\ N'm'c' = \angle\ N''m\,c = \beta$, worden aangewezen.

Voor den hoek tusschen de beide richtingen naar de voorwerpen A en B zal door aftrekking worden gevonden:

$\angle$ N $m$ N″ $= \angle$ N $m\,c - \angle$ N″ $m\,c = \alpha - \beta$, maar,

$\angle$ N $m$ N″ $= \angle$ A B M zijnde, — omdat beider beenen als aan elkander evenwijdig beschouwd kunnen worden — is $\angle$ A M B $= w = \alpha - \beta$, waaruit volgt, dat de uit de aanwijzingen der boussole afgeleide hoeken gelijk zijn aan die met den theodolietrand verkregen.

Afwijkingen tusschen deze hoeken wijzen op locale attractie, of op andere storend, op den stand der magneetnaald, inwerkende invloeden. Waar die afwijkingen zich mochten voordoen, behooren de boussolemetingen buiten rekening gelaten te worden.

## VI. De Sextant.

§ 178. De inrichting van de sextant berust op de leer der terugkaatsing van het licht.

Wanneer namelijk een lichtstraal B $e$ (fig. 89) gelegen in een vlak rechthoekig op de gemeene doorsnede van de beide

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

spiegelende vlakken van twee platte spiegels $a\,b$ en $c\,d$, achtereenvolgens door beide spiegels wordt teruggekaatst, dan zal de tweemaal teruggekaatste lichtstraal $f\,O$ in datzelfde vlak liggen, en met den invallenden lichtstraal $B\,e$ een hoek $f\,O\,B$ maken, gelijk aan het dubbele van den hoek $d\,g\,b$, door de weerkaatsende vlakken der beide spiegels gevormd.

Stellen wij den hoek, welke de lichtstraal $B\,e$ met de normaal op den spiegel $a\,b$ maakt, dus hoek $B\,e\,h = \alpha$, den hoek, welke de in de richting $e\,f$ teruggekaatste lichtstraal met de normaal op den spiegel $c\,d$ maakt, $e\,f\,i = \beta$ en den hoek, door de beide spiegelvlakken onderling gevormd, $b\,g\,d = \nu$, dan zal

$\angle\, f\,O\,e = 2\angle\, b\,g\,d = 2\,\nu$ zijn, want uit $\triangle\, f\,O\,e$ volgt:

$\angle\, f\,e\,B = 2\,\alpha = 2\,\beta + \angle\, f\,O\,e$ of

$\angle\, f\,O\,e = 2\,\alpha - 2\,\beta$, maar uit $\triangle\, f\,g\,e$ blijkt nog:

$\angle\, f\,e\,b = 90° + \alpha = 90° + \beta + \nu$ of $\nu = \alpha - \beta$, dus

$2\,\nu = 2\,\alpha - 2\,\beta = \angle\, f\,O\,e$.

Plaatst men het oog in de richting $O\,f$, dan zal men daarin het voorwerp B zien. Is de spiegel $c\,d$ slechts voor de helft, bijv. voor het onderste gedeelte verfoelied, dan zal men door het bovenste, onverfoeliede gedeelte ook nog een in diezelfde richting gelegen voorwerp A kunnen waarnemen, en met het beeld van het voorwerp B kunnen zien samenvallen.

De hoek, welke de beide spiegels alsdan onderling maken, zal de helft bedragen van den hoek, waaronder de lichtstralen der beide voorwerpen elkander in het punt O ontmoeten. Kan dus de eerste op het instrument worden afgelezen, dan is ook de laatste bekend.

§ 179. De sextant wordt, daar zij geene vaste ondersteuning vereischt, en uit de hand gebruikt kan worden, nog voor metingen gebezigd op plaatsen, alwaar eene opstelling van op vaste onderlagen, ondersteunde hoekmeetinstrumenten niet mogelijk zoude zijn, of slechts ten koste van groote geldelijke uitgaven zouden kunnen verkregen worden.

Een nadeel aan hoekmetingen met spiegelinstrumenten verbonden, is, dat de hoeken in hun eigen vlak (§ 115) worden gemeten, en dus ten behoeve der carteering nog tot den horizon moeten worden herleid.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 180. In 1731 deed *John Hadleij* de eerste spiegeloctant vervaardigen, en zag van hem eene beschrijving van de inrichting en van het beginsel, waarop dat instrument berust, het licht. Van daar, dat *Hadleij* algemeen als de uitvinder van de spiegeloctant en de daarmede nagenoeg overeenkomende spiegelsextant wordt genoemd.

Bij den dood van *Hadleij* bleek echter, uit een in zijne nalatenschap gevonden handschrift, dat aan *Newton* het eerste denkbeeld betreffende de inrichting dezer spiegelinstrumenten toekomt.

De figuren 90 en 91 stellen de horizontale projectie en een opstand voor, van eene door de firma *Pistor* en *Martins* te *Berlijn* vervaardigde sextant.

Het instrument bestaat uit nagenoeg een zesde gedeelte van eenen verdeelden cirkelrand CC, waarom het den naam van *sextant* draagt. Die verdeelde rand heeft eene lengte van iets meer dan 60°, en is door middel van een stel speken met zijn middelpunt *m* verbonden. Langs dien cirkelrand is eene alhidade AA om dat middelpunt draaibaar. Aan het eene einde der alhidade is een nonius N met lichtschermpje *l* en inrichting tot vastklemmen en fijne beweging MM aangebracht, terwijl bij het draaipunt *m*, alwaar de alhidade in de cirkelvormige plaat P eindigt, met twee schroefjes *t* en *t'* een spiegel SS is bevestigd, wiens vlak rechthoekig staat op het vlak van den cirkelrand. Deze spiegel draagt den naam van *grooten spiegel*. Door middel der schroef *d* kan de loodrechte stand van dien spiegel ten opzichte van den verdeelden rand, zoo noodig, verbeterd worden.

Aan de buitenste, den verdeelden rand met zijn middelpunt verbindende speek, aan de tegenovergestelde zijde van het nulpunt der randverdeeling, bevindt zich de slechts ten deele verfoeliede *kleine* of *kimspiegel ss*, die met de schroefjes *b* (fig. 91) loodrecht aan den verdeelden rand verbonden is.

Slechts het onderste gedeelte van dezen spiegel is verfoelied, het bovenste gedeelte is gewoon glas, waardoor achter den spiegel gelegen voorwerpen zichtbaar zijn.

Door middel van de schroefjes *b* kunnen bestaande afwij-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

kingen van den spiegel *s* uit den loodrechten stand op den verdeelden rand hersteld worden, terwijl de schroef *a* dient om het spiegelvlak eene kleine draaiing om eene loodlijn op dien rand te doen ondergaan.

Aan de buitenste speek, aan de zijde van het nulpunt van den verdeelden rand, is een kijker verbonden, welke op den kimspiegel gericht is, welke kijker dient, om het samenvallen van een daarachter gelegen voorwerp met het door de beide spiegels teruggekaatste beeld van een tweede voorwerp nauwkeurig te kunnen waarnemen.

De kijker is geschroefd in den ring R. Deze ring is van onderen voorzien van een staaf, vierkant in doorsnede, om het draaien te beletten.

De staaf is, van onderen af, volgens de lengterichting uitgeboord, en de uitboring is van een schroefdraad voorzien. In de uitboring pakt een schroef, welke van een gekartelde kop D voorzien is, en in een koperen buisje B zijn steun vindt. Door draaiing dier schroef kan de staaf met ring op en neder bewogen worden, ten einde de betrekkelijke helderheid van het rechtstreeks geziene voorwerp en van het dubbel teruggekaatste beeld te kunnen regelen. Aan het stuk B is een cirkelvormige borst *f* bevestigd, die met twee stiftjes tegen het ondervlak van de speek, waarmede de ring R verbonden is, rust, en waarvan de stand door middel van twee schroefjes *g'*, die hunne moeren in diezelfde speek hebben, kan worden gewijzigd. Hierdoor kan de as van den kijker evenwijdig met het vlak van den verdeelden rand gesteld worden.

Bij het gebruik van den kijker is, bij eenigszins sterke vergrooting, het direct geziene beeld in het geheele veld zichtbaar, dus schijnbaar door het verfoeliede gedeelte van den kleinen spiegel heen. Van de afscheiding is dan niets meer te bemerken, de beide beelden in den kijker kunnen elkaar volkomen bedekken. Daar de kijker bij dit instrument alleen dient om de richting aan te geven, waarin moet worden gezien, en tot vergrooting der waargenomen voorwerpen, — niet om eene vizierlijn daar te stellen — kan men dus ook een *Galileïschen* of *Hollandschen* kijker (§ 94) bezigen.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Men gebruikt bij dit instrument meerdere kijkers, o.a. een astronomischen kijker voor het waarnemen van hemellichamen en veraf gelegen voorwerpen, en eene buis zonder glazen, welke aangewend wordt, wanneer de beide voorwerpen zeer dichtbij of op zeer verschillenden afstand zijn gelegen; ziet men door deze buis, dan kan ook in het niet verfoeliede deel van den kleinen spiegel het dubbel teruggekaatste beeld worden waargenomen, doch uiterst lichtzwak.

De cirkelrand CC is in halve graden verdeeld, welke ieder wederom in zes deelen zijn onderverdeeld. In de figuur zijn, wegens de kleine schaal, waarop zij geteekend is, die onderdeelen niet voorgesteld.

De nonius N is van het nulpunt uit, in de richting der randverdeeling, in 60 deelen verdeeld, wier gezamenlijke lengte met die van 59 randdeelen overeenstemt. De nonius is dus een gelijkloopende.

Op den verdeelden rand zijn de cijfers bij de halve graden geplaatst, alsof het heele graden waren, waardoor op dien rand onmiddellijk de gevraagde hoek, dat is het dubbel van den hoek door de beide spiegels gevormd, wordt afgelezen. Met behulp van den vermelden nonius kunnen de hoeken met deze sextant tot op 10″ nauwkeurig en bij schatting tot op 5″ worden gemeten. Om nauwkeurig te kunnen aflezen is op de alhidade, aan een om het schroefje *h* beweegbaren arm *gg*, een loupe L bevestigd.

Met de beschreven sextant kunnen slechts hoeken van 0° tot 145° worden gemeten. Bij het meten van grootere hoeken zouden de lichtstralen onder te scherpe hoeken op den grooten spiegel invallen, ten gevolge waarvan de beelden onduidelijk en weinig helder zouden worden. Van daar, dat de rand niet grooter dan 72° 30′ is gemaakt.

Aan het bovenvlak van de sextant bevinden zich nog twee stellen gekleurde glazen G en G′. Het eerste stel van *vier* glazen, G, is vóór den grooten spiegel aan een ring *r* bevestigd. Het tweede stel van *drie* glazen, G′, bevindt zich achter den kimspiegel. Deze gekleurde glazen dienen om het scherpe licht bij het waarnemen van zon of maan te temperen, zij kunnen bij deze sextant 180° worden omgedraaid om de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

brekingsfout der lichtstralen, als gevolg van de niet evenwijdigheid van de voor- en achtervlakken, door verschillende metingen te elimineeren; daartoe moeten de schroefjes $q$ en $q'$ (fig. 90), welke den stand verzekeren der spillen, waarop bij G de ring $r$ en bij G' de spiegels zelve rusten, vooraf losgedraaid en daarna weder aangeschroefd worden.

Komen de direct waargenomen en de dubbel teruggekaatste lichtstralen alle van de zon (b. v. bij gebruik van een kwikhorizon), dan kan men vóór het oculair een zonnedop — waarin een gekleurd glas — plaatsen.

Deze zonnedop verdient de voorkeur boven de gekleurde glazen bij de spiegels, wanneer de beide waar te nemen voorwerpen even helder zijn.

Onder de sextant zijn aan de speeken, die den cirkelrand met zijn middelpunt verbinden, een houten handvat H en drie koperen pooten $p$ bevestigd.

§ 181. Om met de beschreven sextant een hoek te meten, wordt het instrument met de rechter hand aan het handvat zoodanig ondersteund, dat de verdeelde cirkelrand in het vlak en met het draaipunt der alhidade in het hoekpunt van den te meten hoek gelegen zij, alsmede, dat door den kijker en het onverfoeliede gedeelte van den kimspiegel het linker voorwerp rechtstreeks kan worden waargenomen. Daarna zal men met de linker hand de alhidade zoolang langs den verdeelden cirkelrand bewegen, totdat het beeld van het rechter voorwerp door dubbele terugkaatsing in het verfoeliede gedeelte van den kimspiegel zichtbaar is. Is dit beeld ten naasten bij in de richting van het rechtstreeks waargenomen voorwerp gekomen, dan wordt de klemschroef aangedraaid, en de alhidade door middel der inrichting voor fijne beweging nog zoolang verplaatst, dat het linker voorwerp met het dubbel teruggekaatste beeld van het rechter voorwerp nauwkeurig samenvalt.

De op den verdeelden cirkelrand door het nulpunt van den nonius aangewezen hoek zal alsdan de gevraagde hoek zijn.

Bij het gebruik van de buis zonder glazen brengt men de beide beelden op de grens van het verfoeliede en niet verfoeliede gedeelte van den kleinen spiegel onmiddellijk boven elkaar; daarna wordt de nonius afgelezen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

§ 182. Zal de afgelezen hoek echter werkelijk het dubbel zijn van den hoek, door de beide spiegels gevormd, dan moet, bij een evenwijdigen stand der spiegels, het nulpunt van den nonius met dat van den verdeelden rand overeenstemmen. Is dit het geval niet, dan bestaat er eene fout, die den naam draagt van *indexfout*.

Om te onderzoeken of de fout aanwezig is, draait men de alhidade zoodanig, dat een veraf gelegen voorwerp met zijn dubbel teruggekaatst beeld samenvalt; de aflezing moet dan nul zijn.

Is dit niet het geval, dan kan men de fout wegnemen door den nonius op nul te zetten en den kleinen spiegel — door middel van de daarvoor aangebrachte correctieschroeven — om eene lijn, evenwijdig loopende met de as der alhidade, zooveel te verdraaien, dat beide beelden samenvallen.

Daar er allicht eene kleine verandering in den stand van den kimspiegel ontstaat, en deze daardoor voortdurend gecontroleerd en zoo noodig verbeterd zoude moeten worden, verdient het de voorkeur vóór elke serie waarnemingen de grootte der indexfout te bepalen, en bij iederen gemeten hoek als correctie aan te brengen. Deze correctie draagt alsdan den naam van *indexcorrectie*.

Ter bepaling der grootte van deze correctie, doe men wederom het rechtstreeks geziene beeld van een veraf gelegen voorwerp met zijn dubbel teruggekaatst beeld samenvallen, en leze op den cirkelrand den door het middelpunt van den nonius aangewezen hoek, bijv. $p$, af.

Noemen wij de gezochte indexcorrectie $\delta$, dan zal, daar de lichtstralen van een verwijderd voorwerp kunnen aangenomen worden evenwijdig te zijn, en dus onderling een hoek van 0° te vormen, $p + \delta = 0$ of $\delta = -p$ moeten zijn.

De indexcorrectie wordt veelal door middel van de zon bepaald, waarbij de kijker, ten einde daarmede te kunnen waarnemen, zooals hiervoren is aangegeven, van een gekleurden oogdop wordt voorzien.

Daar het zeer moeielijk is, het samenvallen van het rechtstreeks zichtbare en het teruggekaatste zonnebeeld nauwkeurig waar te nemen, meet men liever de middellijn van de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

zon, door haar dubbel teruggekaatst beeld bijv. links aan het direct waargenomen beeld van de zon te doen raken; de gemeten hoek is dan gelijk aan de middellijn der zon.

Leest men daarna op den rand bijv. den hoek $m$ af, en stelt men de middellijn van de zon $\alpha$, dan is $\alpha = m + \delta$.

Vervolgens het dubbel teruggekaatste beeld der zon het werkelijke zonnebeeld aan de rechterzijde latende raken, zal men bijv. den hoek $n$ aflezen; dan is, omdat de middellijn van de zon nu in tegengestelden zin van de eerste keer is gemeten, $-\alpha = n + \delta$, waaruit door optelling bij de eerst verkregene waarde voor $\alpha$, $m + n + 2\delta = 0$ of $\delta = -\frac{m+n}{2}$ gevonden wordt.

Tot contrôle kan men ook $\alpha$ bepalen; men vindt dan $\alpha = \frac{m-n}{2}$.

Men herhaalt de bepaling eenige malen, en neemt voor $\delta$ het gemiddelde der gevondene waarden. Om een duidelijk beeld der zon te verkrijgen, stelt men den kijker scherp op een veraf gelegen voorwerp; men zal dan om een scherp beeld van de zon te krijgen, het oculair hoogstens nog iets behoeven in te schuiven.

§ 183. Moet een hoek tusschen twee voorwerpen worden gemeten, waarvan het linker zeer dichtbij het punt van waarneming is gelegen, dan zal aan den afgelezen hoek, behalve de indexcorrectie, nog eene andere correctie moeten worden aangebracht, welke den naam draagt van *spiegelparallax:*

Zij bijv. de hoek $A\,e\,B = C$ (fig. 89) met de sextant te meten, dan zal, daarbij op de aangegevene wijze te werk gaande, niet die hoek, maar wel de hoek $AOB = C'$ worden verkregen.

De hoek C is, blijkens de teekening, de buitenhoek van den $\triangle$ A O $e$, waaruit volgt: $\angle C = \angle C' + l$.

Was voor C′ op den verdeelden rand een hoek A afgelezen, dan zou voor den gevraagden hoek C zijn gevonden $C = A + \delta + l$.

De afstand van het midden van den grooten spiegel tot de as van den kijker $d$, en die van het punt van waarneming tot

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het linker voorwerp D stellende, zal, in seconden uitgedrukt, $l = \frac{d \times 206265''}{D}$ zijn, en in den teller $d \times 206265'' = d''$ invoerende, wordt $C = A + \delta + \frac{d''}{D}$; $d''$ is een constante grootheid voor het instrument, welke derhalve slechts éénmaal behoeft te worden bepaald, terwijl D voor ieder voorwerp verandert, en derhalve telkenmale moet worden gemeten.

Om $d''$ te vinden, doe men een zeer dichtbij (bijv. 2 à 3 cM) gelegen voorwerp met zijn dubbel teruggekaatst beeld samenvallen. Zij daarbij de aflezing op den verdeelden rand bijv. gelijk $q$, dan zal, daar hier een hoek van 0° gemeten werd, $q + \delta + \frac{d''}{D} = 0$ of $d'' = -D(q + \delta)$ zijn; $d''$ is altijd positief, $q$ zal dus negatief zijn, tenzij $\delta$ zeer groot negatief is.

Is bij een sextant $d'' = 1031''$ gevonden, hetgeen nagenoeg overeenkomt met een afstand $d = 0.05$ meter, dan zal bij dat instrument, bij voorbeeld:

op een afstand $D = 10$ meter, $l = \frac{d''}{D} = 17'11''$,

„ „ „ $D = 100$ „ , $l = \frac{d''}{D} = 1'43''$,

„ „ „ $D = 1000$ „ , $l = \frac{d''}{D} = 0'10''$, en

„ „ „ $D = 10000$ „ , $l = \frac{d''}{D} = 0'1''$ zijn.

§ 184. Zijn van een sextant de grootheden $\delta$ en $d''$ niet bepaald, of is bij eene waarneming de afstand D tot het linker voorwerp niet bekend, dan kan de gezamenlijke invloed van indexfout en spiegelparallax bij de meting van een hoek op de navolgende wijze worden geëlimineerd.

Men mete eerst den hoek C, waarvoor reeds gevonden werd $C = A + \delta + \frac{d''}{D}$, daarna late men het linker voorwerp met zijn dubbel teruggekaatst beeld samenvallen, en leze de aanwijzing van het nulpunt van den nonius op den verdeelden rand bijv. A′ af, dan zal, daar wederom een hoek

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van 0° gemeten werd, $0 = A' + \delta + \frac{d''}{D}$ zijn, en deze vergelijking van de hierboven voor C verkregene waarde aftrekkende, $C = A - A'$, worden gevonden.

Deze wijze, om bij waarnemingen met de sextant den invloed van indexfout en spiegelparallax buiten rekening te brengen, is altijd toe te passen, maar staat in nauwkeurigheid verre ten achteren bij de methode, waarbij de grootheden $d$ en $d''$ bepaald, en de afstand D, zoo hij niet bekend is, gemeten wordt. Voor nauwkeurige metingen wordt dus deze laatste aanbevolen.

§ 185. Zooals reeds vroeger werd gezegd, moet de met de sextant in zijn eigen vlak gemeten hoek — zoo dit vlak althans niet waterpas is — ten behoeve der carteering nog op het waterpasse vlak geprojecteerd, *tot den horizon herleid* worden.

Ten einde die herleiding te kunnen verrichten, moet de helling der beide beenen van den gemeten hoek ten opzichte van het waterpasse vlak bekend zijn.

Op den vasten wal moet tot het meten van deze hellingen met de sextant van eene zoogenaamde *kunst-* of *artificieele horizon* gebruik worden gemaakt.

Deze kunsthorizon bestaat uit een horizontaal, spiegelend oppervlak, gevormd, hetzij door een vasten spiegel van zuiver gepolijst metaal of glas, dan wel door een vloeistofspiegel.

Een vaste spiegel rust op drie stelschroeven, en kan met behulp van een niveau horizontaal worden gesteld. Meestal is deze spiegel een plaat van zwartgekleurd glas; de spiegeling heeft dan plaats op het voorvlak en men ontgaat de fout, welke bij het gebruik van een gewonen spiegel het gevolg zou kunnen zijn van het niet evenwijdig loopen van voor- en achtervlak.

Een vloeistofspiegel wordt meestal gevormd door kwik, soms door klapperolie of javaansche stroop.

Bij het gebruik van kwik wordt dit gegoten in een ondiep, koperen schaaltje, dat inwendig is afgedraaid volgens een boloppervlak met zeer grooten straal; is het nieuw, dan bevochtigt men het eerst met een paar druppels salpeterzuur,

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

wrijft het met watten af en giet het kwik er in. Oxyde of onreinheden verwijdert men van het kwikoppervlak met een stuk papier of een veer. Het kwik wordt bewaard in een houten fleschje, en bij het gebruik telkens door eene fijne opening gefiltreerd.

Om de vloeistof voor den invloed van den wind te beschutten, wordt over het schaaltje veelal een blikken dak geplaatst, in welks schuine zijden, door *mica* plaatjes geslotene, spleetvormige openingen tot het doorlaten der lichtstralen zijn aangebracht.

Voor het meten van verticale hoeken richt men den kijker op den kunsthorizon en laat het dubbel teruggekaatste beeld van het voorwerp samenvallen met het beeld zelf; op die wijze verkrijgt men den dubbelen hoek.

Zij CD (fig. 92) een lichtstraal van een verwijderd voorwerp — waarvan men den hellingshoek wenscht te meten — op het spiegelend oppervlak van den te bezigen kunsthorizon, dan zal deze lichtstraal door dit oppervlak in de richting DG worden teruggekaatst, zoodat $\angle$ CDB $=$ $\angle$ GDA is.

Meet men nu in het punt G den hoek FGE, gevormd door den van het verwijderde voorwerp komenden, evenwijdig met CD loopenden lichtstraal FG en den teruggekaatsten straal GD, dan heeft men dien hoek slechts door twee te deelen, om den hellingshoek CDB van den lichtstaal CD op het horizontale vlak AB te kennen, want $\angle$ FGE $=$ $\angle$ CDE $=$ $\angle$ CDB $+$ $\angle$ GDA $=$ 2 $\angle$ CDB.

Is het voorwerp C (fig. 93), waarvan de hoogtehoek moet worden gemeten, zoo dichtbij gelegen, dat de daarvan uitgaande stralen niet meer als evenwijdig kunnen worden beschouwd, dan zal de op de hierboven aangegevene wijze verkregen hoek CGF niet meer juist gelijk het dubbel van den hellingshoek CDB zijn, want $\angle$ CGE $= \delta$, $\angle$ CGD $= \alpha$, $\angle$ CDB $= \beta$ en $\angle$ GCD $= \nu$ stellende, is $2\beta = \alpha + \nu$ of $\beta = \frac{1}{2}\alpha + \frac{1}{2}\nu$.

Om de waarde van $\frac{1}{2}\nu$ te berekenen, $Gg = a$ en $Dc = b$ als bekend aannemende, vindt men uit $\triangle$ CGD:

CD : GD $=$ sin $\alpha$ : sin $\nu$, maar CD $= \frac{b}{\cos\beta}$ en GD $= \frac{a}{\sin\beta}$ in

PERPUSTAKAAN-NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

deze evenredigheid overbrengende, is $\sin \nu = \frac{a \cos \beta}{b \sin \beta} \times \sin \varkappa$.

Daar $\nu$ zeer klein is, kan men voor $\sin \nu$ den boog $\nu$ in de plaats stellen en $\beta = \frac{1}{2} \alpha$ nemende, wordt $\nu = \frac{a \cos \frac{1}{2} \alpha}{b \sin \frac{1}{2} \alpha} \times 2 \sin \frac{1}{2} \alpha \cos \frac{1}{2} \alpha = 2 \frac{a}{b} \cos^2 \frac{1}{2} \alpha$, waaruit voor den hoogtehoek $\beta = \frac{1}{2} \varkappa + \frac{a}{b} \cos^2 \frac{1}{2} \alpha$, en voor den hellingshoek van de lijn CG boven het waterpasse vlak in het punt G, $\angle CGE = \delta = \beta - \nu = \frac{1}{2} \alpha - \frac{a}{b} \cos^2 \frac{1}{2} \varkappa$ gevonden wordt.

De waarde van $a$, dat is de hoogte van het punt van waarneming boven het spiegelend oppervlak van den kunsthorizon, zal gemakkelijk kunnen worden gemeten, die van $b$, dat is de horizontale afstand van het punt $c$ tot het midden van den kunsthorizon, moet echter vooraf worden bepaald.

Zijn nu de hellingshoeken van de beide beenen van den met de sextant gemeten hoek ten opzichte van het waterpasse vlak bekend, dan kan uit den gemeten hoek zijne projectie op het horizontale vlak worden afgeleid.

Zij bijv. hoek ACB = C (fig. 94) de gemeten, $a$ C $b$ = C′ de tot den horizon herleide hoek, en $h$ en $h'$ de gevondene hoogtehoeken der beenen CA en CB van den gemeten hoek, en beschrijven wij uit het punt C als middelpunt, met de lijn CT als straal, een bol, dan zal de doorsnede daarvan met de verticale vlakken, door de beenen van den hoek ACB gebracht, door de bogen T$d$ en T$e$ worden aangewezen, terwijl het vlak van dien hoek zelven volgens den boog DE, en het waterpasse vlak volgens den boog $de$, door dien bol zullen worden gesneden.

In den bolvormigen driehoek TDE zijn nu alle zijden bekend, want: DE = $\angle$ ACB = C, TD = 90° — $h = z$ en TE = 90° — $h' = z'$.

Uit die gegevens kan dus de hoek T = $b$C$a$ = C′ worden afgeleid door gebruikmaking van een der formules:

$$\sin \tfrac{1}{2} C' = \sqrt{\frac{\sin (s-z) \sin (s-z')}{\sin z \sin z'}};$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

$$\cos \tfrac{1}{2} C' = \sqrt{\frac{\sin s \sin (s-c)}{\sin z \sin z'}};$$

$$\tang \tfrac{1}{2} C' = \sqrt{\frac{\sin (s-z) \sin (s-z')}{\sin s \sin (s-c)}};$$

$$\cos C' = \frac{\cos c - \cos z \cos z'}{\sin z \sin z'};$$

waarin $S = \frac{1}{2}(c + z + z')$.

Meestal zullen de hellingen der beenen van den gemeten hoek ten opzichte van het waterpasse vlak zeer gering zijn, waardoor $\sin z$ en $\sin z'$ weinig van elkander en ook van de eenheid zullen verschillen, hetgeen bij de berekening aanleiding tot onnauwkeurigheden geeft.

Om dit te ontgaan, kan, $C' = C + \Delta$ nemende, het kleine verschil $\Delta$ door eene eenvoudige benaderingsformule gevonden worden.

$z$ in $h$ en $z'$ in $h'$ uitdrukkende, zoo verandert de formule

$$\cos C' = \frac{\cos C - \cos z \cos z'}{\sin z \sin z'} \text{ in}$$

$$\cos (C + \Delta) = \frac{\cos C - \sin h \sin h'}{\cos h \cos h'} =$$

$$= \cos C \frac{1}{\cos h \cos h'} - \frac{\sin h \sin h'}{\cos h \cos h'} \text{ of}$$

$$\cos C \cos \Delta - \sin C \sin \Delta =$$

$$= \cos C \sqrt{(1 + \tang^2 h)(1 + \tang^2 h')} - \tang h \tang h'.$$

Daar $h$ en $h'$ en ook $\Delta$ zeer kleine hoeken zijn, mogen wij, zonder groote onnauwkeurigheid te begaan, de sinussen en tangenten dier hoeken door de bogen, en de cosinussen door de eenheid vervangen, waardoor bovenstaande formule verandert in:

$$\cos C - \Delta \sin C = \cos C \sqrt{(1 + h^2 + h'^2 + h^2 h'^2)} - hh'.$$

De grootheid $h^2 h'^2$ onder het wortelteeken verwaarloozende, en $1 + \frac{h^2 + h'^2}{2}$ voor $\sqrt{(1 + h^2 + h'^2)}$ schrijvende, vinden wij verder:

$$\cos C - \Delta \sin C = \cos C \left(1 + \frac{h^2 + h'^2}{2}\right) - hh', \text{ en}$$

$$\Delta = \frac{-\cos C \frac{h^2 + h'^2}{2} + hh'}{\sin C}.$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

In deze laatste formule $\sin C = 2 \sin \frac{1}{2} C \cos \frac{1}{2} C$ en $\cos C = \cos^2 \frac{1}{2} C - \sin^2 \frac{1}{2} C$ invoerende, en $hh'$ met $\cos^2 \frac{1}{2} C + \sin^2 \frac{1}{2} C = 1$ vermenigvuldigende, wordt

$$\triangle = \frac{-(\cos^2 \frac{1}{2} C - \sin^2 \frac{1}{2} C) \frac{h^2 + h'^2}{2} + hh' (\cos^2 \frac{1}{2} C + \sin^2 \frac{1}{2} C)}{2 \sin \frac{1}{2} C \cos \frac{1}{2} C}$$

$$= \frac{-\cos^2 \frac{1}{2} C + \sin^2 \frac{1}{2} C}{\sin \frac{1}{2} C \cos \frac{1}{2} C} \times \frac{h^2 + h'^2}{4} + \frac{\cos^2 \frac{1}{2} C + \sin^2 \frac{1}{2} C}{\sin \frac{1}{2} C \cos \frac{1}{2} C} \times \frac{2hh'}{4}$$

$$= \frac{\sin \frac{1}{2} C}{\cos \frac{1}{2} C} \times \frac{h^2 + h'^2}{4} - \frac{\cos \frac{1}{2} C}{\sin \frac{1}{2} C} \times \frac{h^2 + h'^2}{4} + \frac{\sin \frac{1}{2} C}{\cos \frac{1}{2} C} \times \frac{2hh'}{4} + \frac{\cos \frac{1}{2} C}{\sin \frac{1}{2} C} \times \frac{2hh'}{4}$$

$$= \tang \tfrac{1}{2} C \times \frac{h^2 + 2hh' + h'^2}{4} - \cot \tfrac{1}{2} C \times \frac{h^2 - 2hh' + h'^2}{4}$$

$$= \left(\frac{h + h'}{2}\right)^2 \tang \tfrac{1}{2} C - \left(\frac{h - h'}{2}\right)^2 \cot \tfrac{1}{2} C.$$

In deze formule zijn $h$, $h'$ en $\triangle$ in deelen van den straal uitgedrukt.

Worden $h$ en $h'$ in minuten of seconden gegeven, dan moet men die eerst door de getallen 3438 of 206265 deelen, ten einde ze in deelen van den straal uit te drukken.

Om nu ook $\triangle$ in minuten of seconden te krijgen, moet men weer met die zelfde getallen vermenigvuldigen, dus, voor het geval $h$, $h'$ en $\triangle$ in seconden gegeven waren, verandert de formule in:

$$\triangle = \frac{1}{206265} \left(\frac{h + h'}{2}\right)^2 \tang \tfrac{1}{2} C - \frac{1}{206265} \times \left(\frac{h - h'}{2}\right)^2 \cot \tfrac{1}{2} C.$$

§ 186. De sextant moet voldoen aan drie eischen van regeling.

1°. *De groote spiegel moet loodrecht staan op het vlak van den cirkelrand.*

2°. *De kleine spiegel moet loodrecht staan op dat vlak.*

3°. *De as van den kijker moet evenwijdig loopen met dat vlak.*

§ 187. De groote spiegel moet altijd vóór den kleinen spiegel geregeld worden.

Na de alhidade zoodanig geplaatst te hebben, dat het vlak van den grooten spiegel op het midden van den verdeelden rand is gericht, houde men de sextant zoodanig voor het oog, dat het eene uiteinde van den rand A′ (fig. 95) langs den spiegel S rechtstreeks wordt waargenomen. Valt nu het in den spiegel teruggekaatste beeld van het andere uiteinde A

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van dien rand met A′ samen, dan staat de spiegel werkelijk loodrecht op den verdeelden rand, want het spiegelbeeld van A (fig. 96) vormt zich alsdan in het loodrecht op den spiegel staande vlak AA′, en komt daardoor in A′.

Helt de spiegel evenwel — zooals in fig. 97 —, dan vormt zich het beeld van het uiteinde A wederom in de normaal AA″ op den spiegel, en komt daardoor voor het oog niet *in* doch *boven* het rechtstreeks waargenomen uiteinde A′ te liggen. Heeft de spiegel eene helling *achterover*, dan zal daarentegen het beeld van het uiteinde A *onder* het rechtstreeks waargenomen uiteinde A′ gezien worden.

Is blijkens dit onderzoek de spiegel niet loodrecht op den verdeelden rand geplaatst, dan moet deze fout verholpen worden door middel van de correctieschroef *d* (fig. 90), welke op den grooten spiegel werkt.

§ 188. Is de groote spiegel rechthoekig op den verdeelden rand gesteld, dan moet men nog nagaan, of de kleine of kimspiegel daarmede evenwijdig is.

Is dit het geval, dan zal ook deze laatste spiegel loodrecht staan op den verdeelden rand.

Men doe, om dit te onderzoeken, een ster of een ander scherp begrensd punt op de vroeger vermelde wijze met zijn beeld samenvallen. Bedekt daarbij het dubbel teruggekaatste beeld dat van het rechtstreeks waargenomen voorwerp *volkomen*, dan zijn beide spiegels ook onderling evenwijdig.

Is het niet mogelijk de samenvalling der beelden te verkrijgen, maar valt het dubbel teruggekaatste beeld *boven* of *onder* het direct waargenomene, dan helt de kleine spiegel *voor-* of *achterover* en moet hij met de daartoe voorhandene schroeven *b* (fig. 91) zooveel noodig verplaatst worden.

§ 189. In den kijker van de sextant is geene richtlijn aangebracht, daar men met den kijker geen bepaald punt behoeft aan te peilen, maar slechts het samenvallen van twee beelden moet waarnemen. De lichtstralen dier beelden zullen in een vlak gelegen zijn, loodrecht op de vlakken der beide spiegels, en derhalve evenwijdig loopen met het vlak van den verdeelden rand.

De as van den kijker, dat is de lijn loopende midden door

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het gezichtsveld, waarin deze lichstralen moeten worden opgevangen, moet dus ook evenwijdig zijn met dien rand, en zooveel daar *boven* gesteld wezen, dat de lichtsterkte der beelden zooveel mogelijk gelijk gemaakt wordt, om eene zuivere bedekking te kunnen observeeren; overigens zal de beste stand van den kijker dié zijn, waarbij de as gericht is op de scheiding van het verfoelied en van het niet verfoelied gedeelte van den kimspiegel.

Om te onderzoeken of de as van den kijker evenwijdig is met het vlak van den verdeelden rand, wordt de kijker vooraf door middel van de schroef D (fig. 91) met het midden van zijn objectief zooveel mogelijk juist tegenover het midden van den kleinen of kimspiegel gebracht, en richte men het vlak van den verdeelden rand op eene zooveel mogelijk verwijderde horizontale lijn, bijv. op een raamroede of de nok van een dak. Daarna overtuige men zich, of die lijn alsdan ook nagenoeg in het midden van het gezichtsveld van den kijker zichtbaar is.

Heeft dit *niet* plaats, dan is de as van den kijker ook *niet* evenwijdig aan het vlak van den rand, en moet de gevondene afwijking daarna door middel der schroefjes $g$ en $g'$ (fig. 91) hersteld worden.

Men maakt bij deze regeling ook wel gebruik van richtblokjes, op den rand geplaatst, welker richtgaatjes even hoog boven den rand zijn als de kijkeras.

Ziet men door den kijker naar een scherp begrensd punt, dan moet men de richtblokjes zóó kunnen plaatsen, dat de lijn, door de twee viziertjes bepaald, door datzelfde punt gaat.

Is dit niet mogelijk, dan is de as van den kijker niet evenwijdig aan den rand, en moet er dus correctie plaats hebben met de schroefjes $g$ en $g'$.

§ 190. Ten gevolge van de niet juiste verdeeling van den cirkelrand of van den nonius, of van eene plaatsing van het draaipunt van den grooten spiegel of der alhidade buiten het middelpunt van den verdeelden rand, dan wel van de niet evenwijdigheid van de vóór- en achtervlakken der spiegels, enz. zullen in de uitkomsten der metingen met de sextant fouten kunnen blijven voorkomen, die niet door

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

regeling weg te nemen zijn, maar wier waarden bepaald, en in rekening moeten worden gebracht.

Daar de invloed van al die fouten zich alleen wijzigt met de verandering in grootte van den waargenomen hoek, kan men door vergelijking van een tal van, door middel van de sextant, gemetene hoeken met andere, die uit vroegere metingen nauwkeurig bekend zijn, de door genoemde fouten ontstane verschillen constateeren, en daarna de gemeten hoeken met die fouten corrigeeren.

De sextant zal bij die bepaling volkomen geregeld, en ook de indexcorrectie en spiegelparallax nauwkeurig bekend moeten zijn.

Op de aangegevene wijze zal men de correcties voor verschillende hoeken, bijv. van 5 tot 5 of wel van 10 tot 10 graden — tusschen 0° en 145° — eens voor altijd trachten te bepalen, en later voor de daartusschen gelegene hoeken de correctie door interpolatie moeten vinden. Deze correctiewordt aan de gemeten hoeken steeds boven en behalve de reeds vroeger vermelde indexcorrectie en spiegelparallax aangebracht.

De bekende hoeken, tot het bepalen der besprokene correctie vereischt, kunnen worden verkregen:

1°. Door met een ander, nauwkeurig instrument, bijv. een theodoliet, de hoeken tusschen een aantal in den omtrek gelegen voorwerpen vooraf zuiver te meten, en daaraan de uitkomsten der metingen met de sextant te toetsen.

2°. Door stersafstanden, dat is, door de uitkomsten der metingen met de sextant te vergelijken met de berekende afstanden tusschen vaste sterren, wier ligging nauwkeurig bekend is. *L. Janse Bzn.* heeft in 1867 te *Amsterdam* tot dit onderzoek een tafeltje uitgegeven, bevattende 946 afstanden van 44 der voornaamste sterren, verbeterd voor aberratie, eigen beweging en refractie.

3°. Door rondmeting, dat is, door op een uitgestrekt terrein, op onderling gelijke afstanden baken te plaatsen, en uit de overmaat van de rondmeting boven 360°, een aan het aantal gemetene hoeken evenredig deel der aan te brengen correctie te bepalen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## HOOFDSTUK E.

## INSTRUMENTEN TOT HET METEN VAN AFSTANDEN.

§ 191. Tot het bepalen van den afstand tusschen twee punten op het terrein staan twee wegen open.

Men kan namelijk óf dien afstand rechtstreeks meten met behulp eener bekende lengtemaat, óf hem door berekening vinden uit de waarnemingen met de hierna te beschrijven afstandmeters.

Ten behoeve der carteering moet men de horizontale afstanden kennen tusschen de verschillende in kaart te brengen punten, de afstanden namelijk tusschen de voetpunten der loodlijnen, uit de te bepalen punten op het horizontale projectievlak nedergelaten.

Op het terrein meet men echter de lijn, welke de beide punten vereenigt.

Zijn die punten niet in een zelfde horizontaal vlak gelegen, dan meet men de schuine lijn, welke de hypothenusa vormt van eenen rechthoekigen driehoek, van welke de in het horizontale vlak gelegene rechthoekszijde, den voor de carteering benoodigden afstand uitmaakt.

De gemetene schuine lijn L en hare helling ten opzichte van het waterpasse vlak $z$ noemende, is de te vinden horizontale afstand $L \cos z$.

Bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* is een tafel A in gebruik, die voor elke gemetene lijn, bij hellingshoeken van 0° tot 45°, dadelijk den horizontalen afstand aangeeft, terwijl in een tafel C de gegevens voorkomen, om die afstanden ook voor hellingshoeken boven 45° te berekenen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

### *a.* De meetketting.

§ 192. De *meetketting* is een metalen ketting samengesteld uit omstreeks 3 millimeters dikke, ijzeren schakels, onderling door ringen verbonden.

De schakels eindigen aan beide einden in door ombuiging van de schakel zelve gevormde oogen. Zij zijn, met inbegrip van de halve middellijn der hen aan weerszijden verbindende ringen, een halven meter lang. Soms vormen twintig, doch meestal veertig van die schakels eene ketting.

Van de einden der ketting gerekend, zijn de halve meters door ijzeren en de heele meters door eenigszins grootere koperen ringen aangeduid (fig. 98). Om de vijf meters bevindt zich een groote koperen ring met dwarsstaafje, terwijl het midden van de ketting door eenen nog grooteren koperen ring met dwarsstaafje is gekenmerkt. Aan de beide einden der ketting zijn handvatten aangebracht, waarin twee dwarsstukken met hunne cirkelvormige uithollingen het juiste einde der ketting aangeven. Meestal is aan een dier handvatten eene inrichting, om de lengte der ketting in haar geheel een weinig te wijzigen. In fig. 98 kan namelijk de lengte der eerste schakel, door aan- of losdraaiing der moer *m m*, zoo noodig eenigszins verkort of verlengd worden.

Bij elke meetketting behoort een stel van elf meetpinnen. Deze pinnen zijn van stevig ijzer vervaardigd, en van boven van een oog voorzien (fig. 98 A); zij dienen, om, in de uithollingen van de dwarsstukken der handvatten, waarin zij juist passen, geplaatst, de einden der meetketting op het terrein aan te geven.

§ 193. Bij het gebruik wordt de meetketting door twee personen zoo nauwkeurig mogelijk in de richting der beide punten, waarvan men den afstand wil kennen, met het achtereinde juist boven het beginpunt der meting, op het terrein uitgestrekt, en daarbij gezorgd, dat er zich geene kronkelingen in de ketting bevinden, en dat geen der schakels gebogen is.

De persoon naar de zijde van het eindpunt der meting, welke van elf pinnen voorzien is, moet nu het vóóreinde der ketting op het terrein aangeven, door op de daartoe

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

bestemde plaats in het dwarsstuk van het handvat, eene meetpin zoo juist mogelijk loodrecht in den bodem te steken. Laat de hardheid van den bodem dit niet toe, dan volstaat men met aan dat einde der ketting een duidelijk zichtbaar teeken met de punt der pin in den grond te groeven.

De ketting wordt daarna in de richting van het eindpunt gesleept, en met de door den kettingsleper achtergelaten pin haar achtereinde nauwkeurig boven het punt van het terrein gebracht, dat zooeven door haar vooreinde werd ingenomen.

Nadat de ketting andermaal, zonder kronkels of bochten, nauwkeurig in de richting der beide punten op het terrein is uitgelegd, wordt wederom het vooreinde der ketting op den grond aangegeven, en op deze wijze voortgegaan, tot dat het eindpunt der meting bereikt is.

Het aantal pinnen door den persoon aan het achtereinde der ketting tijdens de meting gaandeweg opgenomen, telkenmale nadat hij het achtereinde op de plaats bracht te voren door het vooreinde der ketting ingenomen, en nadat dit einde wederom op het terrein was aangeduid, geeft dan het aantal malen aan, dat de ketting verplaatst werd, het aantal kettinglengten van 10 of 20 meters ieder dus, terwijl het overschietende gedeelte der te meten lijn in meters en onderdeelen daarvan langs de ketting geteld, en bij het aantal geheele kettinglengten gevoegd wordt.

Is het aantal kettinglengten, in den te meten afstand begrepen, grooter dan het beschikbare aantal pinnen, dan zal de persoon, aan het achtereinde der ketting geplaatst, zoodra deze voor de elfde maal is uitgelegd, aan den kettingsleper tien pinnen teruggeven, zoodat de meting zonder stoornis kan worden volbracht. Dit wordt zoo dikwijls noodig herhaald.

Van deze verwisseling der pinnen wordt nauwgezet aanteekening gehouden, ten einde daaruit tot de geheele lengte der meting te kunnen besluiten.

De voorhandene elfde pin blijft steeds in handen van den kettingsleper, die, zoodra hij die pin bij de elfde, eenentwintigste, enz. kettinglengte heeft in den grond gestoken, zijne plaats verlaat, om de tien pinnen, die alsdan in handen zijn van den achtersten man, te gaan terug halen.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Op die wijze vindt deze altijd een pin in den grond, en dus ook voortdurend het juiste eindpunt van alle kettinglengten; waren er slechts tien pinnen, dan zou dit niet het geval kunnen zijn.

Om fouten te voorkomen, moet de lengte van den meetketting van tijd tot tijd worden onderzocht.

Door het gebruik ontstaan namelijk al spoedig bochten in de schakels, die niet geheel kunnen weggenomen worden, terwijl ook de oogen der schakels en de verbindende ringen, door het strekken en slepen der ketting over den grond, hunnen cirkelvorm verliezen, en eene langwerpige gedaante aannemen.

Was de ketting aanvankelijk juist 10 of 20 meters lang, dan zal zij na eenig gebruik vermoedelijk die lengte niet meer hebben.

*Voor* en *na* elke meting moet men derhalve de lengte van de meetketting met eene bekende lengtemaat nauwkeurig nagaan, en gevondene verschillen met behulp van de daartoe aanwezige correctieschroef herstellen. Men kan echter ook volstaan met de geconstateerde fout bij de berekening der geheele lengte van de gemetene lijn in rekening te brengen.

### *b.* De meetveer.

§ 194. De stalen *meetveer* bestaat uit eene dunne, 10 à 20 meters lange en 15 à 20 milimeters breede, reep gehard staal. Zij is, evenals de meetketting, aan de uiteinden van handvatten voorzien, terwijl daarop vastgeklonkene, koperen plaatjes van verschillenden vorm en grootte, de meters en decimeters aanduiden (fig. 99).

De stalen meetveer wordt op dezelfde wijze gebruikt en geregeld als de meetketting. Zij is echter lichter en minder aan rekking onderhevig dan deze, en voegt zich van zelve beter naar de golvingen van den bodem.

Stalen meetveeren komen dan ook gaande weg meer en meer in gebruik.

### *c.* De afstandmeter.

§ 195. Onder een *afstandmeter* verstaat men eene inrichting in den kijker van een instrument, waarmede de afstand tot

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

een verwijderd punt, zonder meting met eene lengtemaat, dadelijk uit de gedane waarnemingen kan worden afgeleid.

Het bepalen van afstanden door middel van een afstandmeter berust op het berekenen van den te vinden afstand, b. v. *ad* (fig. 100), uit een in het verticale vlak gelegen, gelijkbeenigen driehoek *a b c*, waarin òf de tophoek standvastig, en de basis *b c* met den afstand veranderlijk is, òf de basis *bc* steeds dezelfde blijft, en de hoek, waaronder die gezien wordt, zich naar den afstand wijzigt. Het instrument is daarbij in beide gevallen in het punt *a* geplaatst, terwijl de basis *b c* door eene in het verwijderde punt loodrecht gestelde, verdeelde baak gevormd wordt.

Tot de eerste soort behoort de afstandmeter bij den topograhischen dienst in *Nederlandsch-Indië* in gebruik.

§ 196. Bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* zijn de in gebruik zijnde, hiervoren beschrevene boussole tranchemontagne en theodolietboussole door eene bijzondere samenstelling van het diaphragma, waarop de kruisdraden zijn aangebracht, tot het rechtstreeks meten van afstanden ingericht. Dat diaphragma is namelijk bij de oudere instrumenten als volgt samengesteld (fig. 101[a]).

De gewone, elkander kruisende, verticale en horizontale draden zijn als altijd onveranderlijk, ten opzichte van elkander vastgehecht. De eerste wordt op de vaste stiftjes *a*, de tweede op de onbewegelijke stukken *b* bevestigd. Boven en beneden den horizontalen kruisdraad is echter nog een horizontale draad aangebracht; deze beide draden kunnen door middel van de schroefjes *c*, die met hunne voeten tegen de verschuifbare stukken *d* rusten, met die stukken, waarop zij gespannen zijn, een weinig van elkander verwijderd of naar elkander toegebracht worden. Buiten de oogbuis zijn aan de schroeven *c* nog moeren *e* aangebracht, om, nadat die schroeven eenmaal gesteld zijn, haar stand te verzekeren.

Eene veer *f* dient om de beide stukken *d* van elkander en tegen de voeten der schroefjes *c* gedrukt te houden, terwijl de stukken *d* zelve van uithollingen voorzien zijn, ten einde bij hunne verplaatsing niet door de vaste stiftjes *a* belemmerd te worden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Bij de nieuwere boussoles tranchemontagne en theodolietboussoles is het diaphragma tot afstandmeter ingericht als in fig. 101$^b$ aangegeven.

De gewone, elkander kruisende, horizontale en verticale draden zijn op het vaste middenstuk *a* onveranderlijk bevestigd, en kunnen slechts met het geheele diaphragma zijdelings, dan wel op- of nederwaarts bewogen worden. De horizontale draden voor den afstandmeter zijn echter op de verplaatsbare stukken *b* gespannen en kunnen met de schroeven *c*, welke in, in die stukken gesnedene, moeren werken, dichterbij of verder van elkander gebracht worden.

Tusschen den rand van de oogbuis en de stukken *b* zijn rondom de schroeven spiraalveertjes gewonden, die de beide stukken steeds naar elkander toe drukken.

Buiten de oogbuis zijn ter verzekering der schroeven *c* twee afsluitstukken *d* bevestigd, waarin een, aan de koppen dier schroeven uitstekende, spil *e* haar steunpunt vindt.

§ 197. Om den afstandmeter voor het gebruik te stellen, wordt de behoorlijk geregelde boussole tranchemontagne of theodolietboussole op een nagenoeg waterpas terrein opgesteld, en op een afstand van juist 50 meters van het midden van het instrument, een in deelen van een decimeter en in onderdeelen van twee centimeters verdeelde baak (fig. 102) zuiver verticaal geplaatst.

Vervolgens richt men met den kijker, bij horizontalen stand van de vizierlijn, op de baak, en brengt, door beweging van den kijker om zijne draaiingsas, met behulp van de daartoe bestemde schroef voor fijne beweging, den middendraad zuiver op de dichtstbijzijnde afscheiding van twee dubbele centimetervakken, en daarna, door middel van de correctieschroeven van den afstandmeter, den boven- en den benedendraad, ter weerszijden op een afstand van 25 centimeters, elk juist in het midden van zoodanig vak. De verhouding van de baakaflezing tot den afstand, waarop het instrument van de baak verwijderd is, bedraagt dan bij dezen afstandmeter 1 : 100.

Ter contrôle plaatst men de baak nog eens op 40 en daarna op 60 meters afstand van het instrument, en gaat na of, bij

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

horizontale vizierlijn, de aflezingen op de baak tusschen de beide horizontale draden respectievelijk juist 40 en 60 centimeters bedragen, en de verhouding dus inderdaad 1 : 100 is; de uitkomsten mogen bij deze contrôle niet meer dan 2 millimeters verschillen.

§ 198. Het instrument is nu geschikt tot het meten van afstanden, want worden bij eenige waarneming daarmede op eene in horizontale richting loodrecht opgestelde baak tusschen de beide uiterste, horizontale draden van het dradennet deelen dier baak, groot 2, 1, 0.5 of 0.25 meters afgelezen, dan zal men daaruit mogen afleiden, dat de baak van het punt van opstelling respectievelijk 200, 100, 50 of 25 meters verwijderd is.

De gevolgtrekking ligt voor de hand, dat elke vermeerdering of vermindering van het tusschen de uiterste horizontale draden begrepen deel der baak met bijv. één centimeter, eene vermeerdering of vermindering van den afstand, waarop de baak van het instrument verwijderd is, met één meter aangeeft.

Is de baak BC (fig. 103) op een zelfde horizontaal vlak met het in A geplaatste instrument, op een afstand AC daarvan, verticaal opgesteld, dan zal bij een waterpassen stand der vizierlijn van den kijker de lichtstraal $da$, welke van de baak langs de middelste horizontale draad naar het oog gaat, evenwijdig zijn met het vlak van opstelling, en dus loodrecht op de baak staan, terwijl de lichtstralen, die langs de beide uiterste horizontale draden van het dradennet gaan, van de baak een stuk $bc = h$ zullen afsnijden.

Plaatst men de baak BC (fig. 104) verticaal op een hellend terrein op denzelfden afstand van het instrument als zooeven, dan zal, wanneer men de vizierlijn van den kijker op een punt $d'$ van de baak richt, dat even hoog als de kijker boven den grond is gelegen, waardoor de vizierlijn wederom evenwijdig met het vlak van opstelling is gebracht, de van de baak langs de middelste horizontale draad naar het oog gaande lichtstraal $d'a'$ niet meer loodrecht op het vlak van de baak staan, terwijl de langs de beide uiterste horizontale draden van de baak in het oog komende lichtstralen een stuk $b'c' = h'$ zullen afsnijden, dat niet meer gelijk zal zijn aan het zooeven afgelezene deel $bc = h$ van fig. 103. In $d'$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

namelijk eene hulplijn $ef$ loodrecht op de lichtstraal $d'a'$ brengende, zoo zal, daar de afstand, waarop het punt $d'$ der baak van het instrument verwijderd is, even groot is als die, waarop zooeven, bij de waarneming in het horizontale vlak, de baak geplaatst was, ook $ef = bc = h$ zijn.

Uit de lijn $ef = h$ (de baakaflezing op den afstand AC bij waterpasse richting) kan men nu gemakkelijk de baakaflezing $b'c' = h'$ bij een hellingshoek $d'a'g = e$ $d'b' = \alpha$ bepalen, want daar de hoeken aan de basis van den gelijkbeenigen driehoek $e\,a'f$ nagenoeg recht zijn, kan men $e\,f = h' \cos \alpha = h$ stellen, waaruit $b'c' = h' = \dfrac{h}{\cos \alpha}$ gevonden wordt.

Omgekeerd kan men derhalve bij eene onder een hellingshoek $\alpha$ waargenomene baakaflezing $h' = \dfrac{h}{\cos \alpha}$ tot den afstand $a'd' = 100h = 100h' \cos \alpha$ besluiten, waarop de baak van het instrument verwijderd is.

Deze afstand moet echter ten behoeve der carteering nog tot zijne projectie $a'g = a'd' \times \cos \alpha = 100h' \cos^2 \alpha$ op het horizontale vlak herleid worden.

Bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* is een tafel B in gebruik, waarin voor de hellingen van 0° tot 45°, de horizontale afstanden zijn vermeld, behoorende bij de uit de baakaflezingen afgeleide, schijnbare afstanden, en waaruit dus, zoodra de hellingshoek gemeten, en het gedeelte der baak, begrepen tusschen de beide uiterste horizontale draden van het dradennet, afgelezen is, de horizontale afstand, waarop die baak van het instrument verwijderd is, onmiddellijk kan worden gevonden.

Men dient zich bij dezen afstandmeter bij herhaling te overtuigen, dat de verhouding tusschen de baakaflezing en den afstand waarop het instrument van de baak verwijderd is, 1 : 100 gebleven is, omdat somwijlen door atmospherische invloeden de draden door vocht verzadigd, niet meer strak gespannen blijven, waardoor bovenbedoelde verhouding verloren zoude gaan.

Geheel juist worden de gezochte afstanden met den beschreven afstandmeter echter niet gevonden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Zij bijv. (fig. 105) A het punt van opstelling, en dus A A′ de eerste as van het instrument; laten verder B, D en C de doorsneden zijn der horizontale draden van het draadennet met het verticale vlak, door de vizierlijn van den kijker gedacht, K L de doorsnede van de objectieflens van het instrument met datzelfde vlak, en F haar brandpunt, en zij eindelijk GE de doorsnede van de met het instrument op een zelfde waterpasvlak verticaal opgestelde, verdeelde baak, dan zullen $c$ F L C en $c$ M C de lichtstralen zijn, die van het punt $c$ der baak langs den horizontalen draad C naar het oog gaan, $b$ F K B en $b$ M B die, welke van het punt $b$ der baak langs den horizontalen draad B in het oog vallen, terwijl $d$ F M O D de lichtstraal is, welke van het punt $d$ der baak langs de middelste horizontale draad D in het oog komt; uit de aflezing $b\,c = a$ moet nu de afstand $AE = x$ afgeleid worden.

De gelijkbeenige driehoek $b$ F $c$ heeft nu een voor alle afstanden, waarop de baak van het instrument verwijderd mocht zijn, standvastigen tophoek F, daar die hoek gelijk is aan den tophoek van den insgelijks gelijkbeenigen drieheek LFK, wiens basis KL en hoogte MF constant zijn. De gezochte afstand is derhalve, blijkens de figuur, $AE = x = d\,F + MF + MO$.

Stelt men nu den brandpuntsafstand der voorwerplens $MF = f$ en den afstand van de voorwerplens tot de draaiingsas van het instrument $MO = c$, dan wordt $x = d\,F + f + c$; $f$ en $c$ kunnen door meting aan het instrument met voldoende juistheid gevonden worden, en vormen, eenmaal bepaald, vaste grootheden, welke wij gezamenlijk door $f + c = B$ zullen voorstellen; $d$ F verandert echter voortdurend met den afstand, waarop de baak van het instrument verwijderd is, en heeft eene vaste verhouding tot de baakaflezing $(\frac{1}{100})$, welke wij kunnen voorstellen door $d\,F = n \times a$, waarin $a$ achtereenvolgens verschillende waarden aanneemt, doch $n$ steeds dezelfde waarde behoudt.

Uit de vergelijking $x = n \times a + B$ vindt men onmiddellijk

$$n = \frac{x - B}{a}.$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Gegeven $x = 200$, $a = 2$ en $B = 0.5$ meter, hetgeen wel de grootste waarde zal zijn, welke B bij eenig instrument bereikt, dan wordt $n = 99.75$ gevonden. Achtereenvolgens voor de baakaflezing 1, 0.5 en 0.25 meter nemende, zal voor $x$ 100.25, 50.375 en 25.4375 meter of respectievelijk 0.25, 0.375 en 0.4375 meter meer dan bij den beschreven afstandmeter gevonden worden.

De fout, welke met den afstandmeter gemaakt wordt, wordt grooter bij het kleiner worden van den afstand AE, doch zij blijft steeds onbelangrijk, omdat de grootheid B, wier aanwezigheid de oorzaak ervan is, in ieder geval zeer klein is in verhouding tot AE.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## HOOFDSTUK F.

## INSTRUMENTEN TOT HET METEN VAN HOOGTEN.

### I. Het meten van hoogten door waterpassen.

§ 199. Door *waterpassen* verstaat men het bepalen van het hoogteverschil tusschen twee punten, uit het verschil der afstanden van die punten tot een daarboven gebracht waterpas vlak. Dit waterpas vlak wordt gevormd door de in het horizontale vlak gelegene vizierlijn des kijkers van een daartoe ingericht instrument — *waterpasinstrument* — te doen draaien om eene verticale as. De afstanden tot dit waterpas vlak worden afgeleid uit de aflezing der deelstrepen van verdeelde baken — *waterpasbaken* —, die op de plaatsen, waarvan de hoogte moet worden bepaald, loodrecht zijn opgesteld; deze deelstrepen worden door de op de baak gerichte, horizontale vizierlijn des kijkers aangewezen.

Daar de afstanden van het instrument tot de baken bij het waterpassen betrekkelijk zeer gering zijn, zal de aarde bij deze wijze van hoogtemeten als een plat vlak, en zullen de van de baken uitgaande lichtstralen als met dit vlak evenwijdige, rechte lijnen kunnen beschouwd worden.

#### *a.* Waterpasbaken.

§ 200. Er zijn twee soorten van *waterpasbaken* in gebruik, namelijk: *zelfleesbaken* en *baken met verschuifbare richtbordjes*.

Fig. 106 stelt een zelfleesbaak voor, door de firma *Becker en Buddingh* te *Arnhem* vervaardigd; deze soort baken wordt in *Indië* veelvuldig gebruikt.

De baak, welke uit droog hout gemaakt is, bestaat uit drie deelen A, B en C, die in en uit elkander geschoven kunnen

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

worden, en op het witgeschilderd voorvlak met roode verf in halve centimeters verdeeld zijn.

Aan de boven- en benedeneinden zijn de deelen der baak, ter voorkoming van afslijting, met ijzeren banden omgeven, terwijl aan de achterzijde van elk der deelen een veer is bevestigd, welke de wrijving vermeerdert, en daardoor verhindert, dat de deelen bij het uitschuiven door hunne eigene zwaarte wederom in elkander zakken; zoodra een deel geheel is uitgeschoven, springt deze veer in eene daartoe bestemde inlating, en is de stand van het eene deel ten opzichte van het andere verzekerd. Geheel uitgeschoven, heeft de baak eene lengte van 3 meters.

De verdeeling op de deelen is zoodanig aangebracht, dat zij na de uitschuiving regelmatig van het eene op het andere deel doorloopt.

Van den onderkant van het onderste deel beginnende, zijn de halve decimeters gemerkt met een lange, de heele met een korte streep, terwijl bij de laatsten, tot gemak der aflezing, doorloopende cijfers zijn aangebracht.

Aan de baak is geene inrichting verbonden, waarmede haar loodrechte stand door den baakhouder kan worden beoordeeld, hetgeen een bepaald nadeel is, daar de nauwkeurigheid der aflezing grootendeels van den juisten stand der baak afhankelijk is.

De in fig. 107 afgebeelde baak is een waterpasbaak met verschuifbaar richtbordje.

Het richtbordje V moet bij het waterpassen met deze baak, op wenken van den waarnemer, door den baakhouder zoo lang op- of neergeschoven worden, dat de vizierlijn van den kijker op het middelpunt van het bordje gericht is. De aflezing op deze baak geschiedt door den waarnemer op de aan de voorzijde aangebrachte verdeeling, of ook door den baakhouder aan de achterzijde, wanneer daarop alsdan de verdeeling voorkomt.

Ook aan deze baken is geene inrichting voorhanden, die den baakhouder in staat stelt te beoordeelen, of de baak door hem zuiver loodrecht wordt gehouden.

Bij nauwkeurige waterpassingen is die loodrechte stand

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

echter een bepaald vereischte; veelal wordt aan de baken daartoe dan ook een schietlood of een dooslibel aangebracht.

Is dit hulpmiddel niet aanwezig, dan kan men, door de baak gedurende de waarneming door den baakhouder langzaam eerst een weinig voor- en daarna achter over te doen hellen, uit de daarbij verkregene, verschillende aflezingen tot de aflezing besluiten, welke bij den loodrechten stand van de baak behoort; de grootste aflezing zal namelijk de juiste zijn.

De invloed van temperatuurswisselingen op de lengte van houten meetbaken is onbeduidend in vergelijking van de uitzetting, welke door de inwerking van vocht veroorzaakt wordt. Om de houten baken tegen het indringen van vocht te beschermen, worden zij, na behoorlijk gedroogd te zijn, eenige malen met olieverf aangestreken.

Bij gewone waterpassingen worden de baken eenvoudig op den grond geplaatst; bij nauwkeurige waterpassingen daarentegen op in het bijzonder daarvoor ingerichte, verplaatsbare platen, of wel op houten of steenen steunpunten, die in den bodem zijn, aangebracht.

### *b.* Waterpasinstrumenten.

§ 201. Een *waterpasinstrument* bestaat in hoofdzaak uit een kijker met daarmede verbondene libel; de vizierlijn van den kijker en de richtlijn van de libel moeten onderling evenwijdig gebracht, en bij het gebruik waterpas gesteld worden.

De waterpasinstrumenten worden, wat hunne inrichting betreft onderscheiden:

*a*, naar de wijze, waarop de vizierlijn van den kijker en de richtlijn van de libel waterpas gesteld worden;

*b*, naar de verbinding der samenstellende deelen.

Het instrument kan namelijk ingericht zijn tot het waterpasstellen van de onderling evenwijdig gebrachte vizierlijn van den kijker en richtlijn van de libel:

1°. *In alle richtingen*, door, even als bij den theodoliet, de draaiingsas van het instrument met de stelschroeven verticaal te stellen, en daarna de vizierlijn van den kijker en de richtlijn van de libel loodrecht daarop te brengen, zoodat

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

deze lijnen, bij eene draaiing van den kijker om die as, in alle richtingen waterpas blijven.

2°. *Alleen in eene bepaalde richting*, met eene daaronder aangebrachte schroef.

De eerste inrichting alleen wordt meestal bij minder nauwkeurige waterpasinstrumenten aangetroffen, terwijl de tweede zelden afzonderlijk voorkomt.

Bij nauwkeurige waterpasinstrumenten zijn echter meestal beide inrichtingen vereenigd; de grove waterpasstelling van de richtlijn der libel en de vizierlijn van den kijker *in alle richtingen* gaat dan *vooraf*, en wordt door eene *meer nauwkeurige in de bijzondere richting gevolgd.*

De samenstellende deelen van een waterpasinstrument kunnen verder:

1° alle (de libel, de kijker en het voetstuk) onderling onveranderlijk verbonden zijn;

2° alle van elkander afgenomen worden;

3° gedeeltelijk verbonden, gedeeltelijk afneembaar zijn.

De volkomen vaste verbinding der genoemde, samenstellende deelen vindt men het meest bij minder nauwkeurige waterpasinstrumenten, daar bij de meting met deze instrumenten een onveranderijke stand der deelen aanbeveling verdient.

Bij instrumenten, voor nauwkeurige waterpassingen bestemd, kan echter meestal de kijker van het voetstuk gelicht, en ook de libel van den kijker afgenomen worden.

§ 202. In fig. 108 is een waterpasinstrument van de meest eenvoudige constructie afgebeeld. Aan een gewoon statief C is, met eene door een spiraal omgevene schroef B, het onderstel A van het instrument, welke met drie stelschroeven F op dat statief rust, bevestigd. Het draagstuk G, waarmede de kijker H H′ en de libel I I′ vast verbonden zijn, kan om eene verticale as EE′ draaien.

Het instrument heeft twee inrichtingen tot regeling, namelijk de schroefjes K en K′ aan den kijker, waarmede de kruisdradenring, en de schroef L, waarmede de richtlijn der libel, beide in verticale richting kunnen verplaatst worden.

§ 203. Ten einde met het instrument te kunnen waterpassen, moet:

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

1° de richtlijn der libel loodrecht staan op de draaiingsas van het instrument; en
2° de vizierlijn van den kijker evenwijdig zijn met de richtlijn der libel.

*ad.* 1. Alhoewel het voldoende is, als de richtlijn der libel voor elke waar te nemen richting afzonderlijk wordt waterpas gesteld, zoo verdient het, voor het gemak bij de waterpassing en tot bevordering van de vlugheid van het werk, aanbeveling, de richtlijn der libel op de in § 21 beschreven wijze loodrecht te stellen op de draaiingsas, zoodat, na die as verticaal gesteld te hebben, zooals in § 24 werd aangegeven, de richtlijn der libel bij draaiing van het instrument om de verticale as, een horizontaal vlak beschrijft.

*ad.* 2. Om de vizierlijn van den kijker evenwijdig te brengen met de richtlijn der libel, plaatse men het instrument eerst in $I_1$ (fig. 109) midden tusschen twee op 100 meters van elkander opgestelde baken A en B, en daarna zoo nabij mogelijk een dier baken, in $I_2$.

Is de vizierlijn van den kijker evenwijdig met de waterpas gestelde richtlijn der libel, dan zullen, wanneer men den kijker in de standpunten $I_1$ en $I_2$ beurtelings op beide baken richt, de aflezingen $a_1$, $b_1$, $a_2$, en $b_2$, welke door die vizierlijn worden aangewezen, zoo groot moeten zijn, dat $a_1 - b_1 = a_2 - b_2$ is.

Blijkt dit niet het geval te zijn, dan is de vizierlijn van den kijker niet evenwijdig met de richtlijn der libel, en moet de kruisdradenring met de schroefjes K zoolang verplaatst worden, dat $b^2 = a_2 - (a_1 - b_1)$ is.

Zij bijv:

$a_1 = 1.675$ meter $\qquad a_2 = 1.590$ meter
$b_1 = 1.383$ „ $\qquad b_2 = 1.377$ „

dan is $a_1 - b_1 = 0.292$ meter en $a_2 - b_2 = 0.273$ meter, en zal men het snijpunt der kruisdraden zooveel naar boven moeten verplaatsen, dat de baakaflezing $I_2$ op de baak B, in stede zooals aanvankelijk $b_2 = 1.317$, $b_2 = 1.590 - 0.292 = 1.298$ wordt.

Men kan deze regeling ook verrichten, door het instrument beurtelings zoo dicht mogelijk bij, doch op gelijken afstand

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

buitenwaarts der beide baken A en B, bijv: in $I_1$ en $I_2$ (fig. 110) op te stellen, en in beide standen de deelstrepen $a_1$, $b_1$, en $a_2$, $b_2$ op de baken af te lezen, welke, nadat de richtlijn der libel waterpas is gebracht, door de op die baken gerichte vizierlijn van den kijker aangewezen worden.

Vindt men $a_1 - b_1 = a_2 - b_2$, dan is de vizierlijn van den kijker evenwijdig met de richtlijn der libel, zoo niet, dan neme men $a - b = \frac{(a_1 - b_1) + (a_2 - b_2)}{2}$ en verstelle het snijpunt der kruisdraden zoodanig, dat in $I_2$ op de baak B, in stede van zooals aanvankelijk $b_2$, de aflezing $a_2 - (a - b)$ verkregen worde.

Zij bijv:

$a_1 = 2.045$ meter $\quad a_2 = 1.784$ meter

$b_1 = 1.243$ „ $\quad b_2 = 0.952$ „

dan is $a_1 - b_1 = 0.802$ meter en $a_2 - b_2 = 0.832$ meter en

$a - b = \frac{0.802 + 0.832}{2} = 0.817$ meter.

In $I_2$ zal men nu het snijpunt der kruisdraden zoodanig moeten verstellen, dat, op de baak B, $a_2 - (a - b) = 1.784 - 0.817 = 0.967$ afgelezen wordt.

De rechthoekige plaatsing van de richtlijn der libel op de draaiingsas van het instrument is bij een waterpasinstrument niet van zooveel gewicht als de zuiver evenwijdige stand van de vizierlijn van den kijker met die richtlijn; de inspeling van het niveau en de daarmede gepaard gaande horizontaalstelling van de vizierlijn van den kijker kan toch zoo noodig in elke richting afzonderlijk door middel der stelschroeven verkregen worden.

De rechthoekigstelling moet evenwel de tweede regeling voorafgaan, omdat, brengt men eerst de vizierlijn van den kijker evenwijdig aan de richtlijn der libel, deze evenwijdige stand toch dadelijk verloren zoude gaan, wanneer de richtlijn der libel daarna loodrecht op de draaiingsas van het instrument werd gesteld.

§ 204. Fig. 111 stelt een nauwkeurig waterpasinstrument (dat van *Kern* in *Aarau*) voor.

Alhoewel dit instrument bij den topographischen dienst

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

in *Indië* niet in gebruik is, wordt eene beschrijving bijgevoegd, daar het aan alle eischen van een nauwkeurig waterpasinstrument voldoet, en het nuttig voorkomt, die eischen ook aan hen, die zich met een minder nauwkeurig instrument moeten behelpen, te doen kennen.

Het op de drie stelschroeven B rustende onderstel A is, op de, in de figuur, aanschouwelijk voorgestelde wijze, op het statief bevestigd.

Het stuk D, dat door eene met het onderstel verbondene verticale as doorboord wordt, maakt één geheel uit met het draagstuk E E′, hetwelk den in dragers rustenden kijker F met de daarop geplaatste libel ondersteunt.

Het draagstuk heeft bij E′ een scharnier en bij E eene micrometerschroef H, waarmede het met den kijker samenhangende stuk E″, ten opzichte der onderlaag E E′, eene kleine helling kan worden gegeven.

De libel is, om haar voor temperatuurswisseling te behoeden, in een van boven door een glasplaatje I I gesloten houten omhulsel G gevat; eene daaraan verbondene spiegel KK kan zoodanig gesteld worden, dat elke afwijking der bel, door het bij het oculair geplaatste oog van den waarnemer, kan worden gezien.

De kijker kan in zijne dragers om zijne eigene as gedraaid en omgelegd worden, terwijl ook de libel op den kijker 180° kan worden omgezet.

Aan den kijker zijn nog vier schroefjes L voorhanden, ter verstelling van de kruisdradenring, terwijl de richtlijn der libel in verticalen zin met de schroef M en in horizontale richting met de schroef N kan worden verplaatst.

§ 205. Het zooeven behandelde waterpasinstrument kan geheel op dezelfde wijze geregeld worden, als hiervoren bij het eenvoudige waterpasinstrument werd aangegeven. Wil men evenwel van de bewegelijkheid der bestanddeelen, welke ook nog gedurende de meting zelve benut kan worden, gebruik maken, dan kan op de navolgende wijze te werk worden gegaan.

De eischen, waaraan het instrument moet voldoen, zijn:

1° de richtlijn van de libel en de in de mechanische as

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van den kijker te brengen vizierlijn moeten onderling evenwijdig zijn.

2° de stand der micrometerschoef II, waarbij de richtlijn der libel en dus ook de daarmede evenwijdige vizierlijn van den kijker rechthoekig op de draaiingsas van het instrument staat, moet bekend zijn.

*Ad.* 1. Om aan den sub 1° vermelden hoofdeisch te kunnen voldoen, moet eerst de kijker gecentreerd, dat is het snijpunt der kruisdraden op de in § 103 aan het slot vermelde wijze in de mechanische as van den kijker gebracht worden. Bij eene volkomene centreering zal echter ook het middelpunt der objectieflens in de mechanische as van den kijker moeten gelegen zijn, daar anders de vizierlijn slechts evenwijdig met die as zal zijn gebracht.

Zelden zal een objectief zoo slecht gecentreerd zijn, dat dit bij het waterpassen nadeel oplevert. De uitmiddelpuntigheid der voorwerplens zal zoo noodig slechts door een instrumentmaker kunnen worden hersteld.

Om daarna de richtlijn der libel evenwijdig te kunnen brengen aan de in de mechanische as van den kijker gebrachte vizierlijn, moet in de eerste plaats nagegaan worden, of de richtlijn der libel evenwijdig is met het door beide cylindervormige verhoogingen van den kijker (waarop de voeten der libel rusten) gedachte mantelvlak. Men zet daartoe de tot inspeling gebrachte libel 180° om, zoodat de beide voeten van plaats verwisselen, en herstelt ontstane afwijkingen voor de helft met de correctieschroef M der libel.

Men moet verder zorgen, dat de richtlijn van libel en kijker in één verticaal vlak gelegen zijn, waartoe met de schroef N der libel de noodige verbeteringen moeten worden aangebracht.

Om na te gaan, of het zooeven bedoelde vlak der steunpunten van de voeten der libel evenwijdig is met de mechanische as, m. a. w. of de beide boven vermelde cylindervormige verhoogingen van den kijker, waarmede deze in zijne dragers rust, gelijke doorsneden hebben, legge men, na de lucht-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Hieronder zullen enkele barometers der beide soorten meer in het bijzonder beschreven worden.

§ 215. Fig. 116 geeft eene afbeelding van den *bakbarometer van Fortin*, waarin de onderste koker *h*, welke den lederen zak *a* omgeeft, afgeschroefd is voorgesteld; deze koker is in de teekening in doorsnede afgebeeld.

Fig. 117 is voorts eene doorsnede over het geheele onderste gedeelte van dezen barometer, aannemende dat het oppervlak van de kwik in den bak met het nulpunt van de langs de barometerbuis aangebrachte, verdeelde schaal — waarover later — overeenstemt.

De bak bestaat uit een glazen cylinder *c*, welke van boven aan een nauwkeurig sluitend, metalen deksel *d*, en van onderen met een palmhouten cylinder *b* verbonden is. De bodem van dezen laatsten cylinder wordt gevormd door een aan den buitenwand bevestigden, uit zacht leder vervaardigden zak *a*.

Het bovenste gedeelte van den houten cylinder is door een daaraan bevestigden, messingen ring *e* omgeven; deze dient om de verbinding van den glazen met den houten cylinder te verzekeren, en is van een schroefgang voorzien, ten einde daarop de koker *h*, die den zak *a* beschermt, te kunnen schroeven. In den in het midden eenigszins versterkten bodem van dezen koker heeft eene schroef *f* met afgerond voeteinde hare moer; met deze schroef kan de zak, en daardoor ook het oppervlak van de daarin aanwezige kwik, naar boven gebracht worden.

De zak kan bij het vervoer zoover opgelicht worden, dat hij nagenoeg het ondereinde *u* (fig. 117) van de barometerbuis sluit. In dezen stand van den zak is de bak geheel met kwik gevuld.

Vóór dat men de schroef *f* aandraait, moet de barometer zoo gehouden worden, dat de glazen buis geheel door de kwik gevuld is. De lucht, die zich in den bak boven de kwik bevindt, verlaat dezen bij het opheffen van den zak door eene in het deksel *d* aangebrachte opening; deze opening wordt bij het vervoer van den barometer met eene schroef *s* (fig. 116) gesloten.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De glazen barometerbuis is met eene haar aan het ondereinde omgevende, metalen huls *i* in het metalen deksel *d* geschroefd, terwijl de daartusschen overblijvende openingen met cement luchtdicht afgesloten zijn. Om het buitenvlak van deze huls wordt een messingen buis *r* geschroefd, die de geheele glazen barometerbuis omgeeft, en op zijde een thermometer *t* draagt, welke dient om de temperatuur van de kwik in de buis te meten. De messingen buis *r* is aan de binnenzijde tot bescherming der glazen buis met leder gevoerd; aan haar boveneinde, waar zich de verdeelde schaal *m m* bevindt, zijn, op twee elkander juist tegenoverstaande plaatsen, twee langwerpige spleten aangebracht, om den stand der kwik in de buis te kunnen waarnemen.

Tot eene nauwkeurige waarneming van dien stand kan langs de schaal een nonius *n* bewogen worden; deze nonius is op eene messingen huls *k*, welke de buis *r* omgeeft, en daar langs op en neder geschoven, doch niet er om heen gedraaid kan worden, aangebracht. De huls *k* heeft, evenals de koperen buis *r*, en op overeenkomstige plaatsen als deze, twee langwerpige openingen, wier bovenranden *v* in een vlak liggen, dat loodrecht staat op de as der glazen barometerbuis. Deze randen moeten bij de waarneming in één vlak met het bolvormige boveneinde *o* van de kwik in de buis gebracht worden.

Ten einde het door de randen *v* van den nonius gedachte vlak daarbij nauwkeurig rakend aan het kwikoppervlak te kunnen brengen, is nog eene micrometerinrichting *p* met rondselbeweging tot fijne verplaatsing van de huls *k* aanwezig.

Het nulpunt van de verdeelde schaal wordt door de spits van eene in het metalen deksel *d* van den glazen bak geschroefde, benedenwaarts hangende, ivoren stift *z* gevormd.

Het oppervlak der kwik in den bak moet vóór de waarneming, door middel van de schroef *f*, juist rakende aan de spits der stift *z* gebracht worden.

Het nulpunt van den nonius ligt in hetzelfde vlak met de randen *v* der huls *k*. De verdeeling op de schaal is in millimeters.

Bij de *Fortinsche* reisbarometer behoort een voet (fig. 118)

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

met drie beenen, die om scharnieren gedraaid, en met ijzeren punten in den bodem gedrukt kunnen worden. De stand dezer beenen wordt daarenboven nog verzekerd door drie, van haken voorziene, dunne stangen *w*, welke in oogen, die zich aan de beenen bevinden, gehaakt kunnen worden. De beenen van den voet zijn tot het opnemen van den barometer uitgehold. De kop van het voetstuk bevat een in alle richtingen beweegbaren ring, welke dient om daarin den barometer met zijne, in een vlak loodrecht op de as der buis gelegene stiftjes *x* (fig. 116) op te hangen; de barometerbuis neemt daardoor een loodrechten stand aan. Na sluiting der beenen wordt de barometer slechts gedeeltelijk door het voetstuk omgeven; het daarbuiten nog uitstekende bovengedeelte wordt verder met een deksel omsloten, terwijl de ondereinden der beenen door middel van een ring worden samengehouden. Het geheele voetstuk wordt bij het vervoer in een lederen foedraal verpakt.

§ 216. De *bakbarometer van Olland* (fig. 119) is een gesloten bakbarometer met gewijzigde schaal. Het oppervlak van de kwik in den bak is aan het oog onttrokken; men leest dus alleen de hoogte der kwik in de barometerbuis af, en daar bij hoogeren barometerstand het oppervlak der kwik in den bak noodzakelijk daalt, terwijl met deze daling geen rekening gehouden kan worden, zoo is de lengte der verdeelingen op de schaal zooveel verkleind, dat men toch den juisten barometerstand afleest.

Is namelijk de inwendige middellijn van het bovenste gedeelte der barometerbuis, waar de kwik afgelezen wordt, gelijk $d$, de uitwendige middellijn der barometerbuis ter hoogte van de kwik in den bak gelijk $d'$, en de inwendige middellijn van den bak gelijk D, dan hebben de deelen der schaal de lengte van $1 - \frac{d^2}{D^2 - d'^2 + d^2}$ millimeter.

Voor elken barometer van deze soort moeten D, $d$ en $d'$ afzonderlijk bepaald worden, en is dus de verdeeling anders. Fig. 120 stelt eene doorsnede van het onderste gedeelte van den barometer voor; daarin zijn:

*a* de koperen buis, waarop de verdeeling is aangebracht;

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

*b* het ijzeren, cylindervormige sluitstuk, waarin de glazen buis *c* met cement is vastgemaakt;

*d* het cylindervormige, ijzeren reservoir of de bak;

*e* twee luchtgaten, waardoor de buitenlucht toegang heeft tot den bak;

*f* de lederen kraag, waardoor verhinderd wordt, dat de kwik door die luchtgaten ontsnapt;

*g* de schroefplaat om dien kraag te sluiten;

*h* en *h'* de kwik in den bak;

*i* een doorboorde, houten schijf door twee pinnetjes *k* vastgehouden, waardoor de ruimte in den bak in twee afdeelingen verdeeld wordt, die met elkander gemeenschap hebben, zijnde de ruimte in de onderste afdeeling grooter dan de ledige ruimte *l* in de bovenste afdeeling, vermeerderd met de ledige ruimte boven de kwik in de glazen barometerbuis, zoodat, als de barometer omgekeerd wordt, er altijd kwik in de afdeeling *h'* blijft, en de opening *n* aan het ondereinde der glazen barometerbuis dus altijd onder de kwik gedompeld blijft;

*m* een der schroeven, waarmede de koperen buis *a* aan den ijzeren cylinder *b* bevestigd is.

Mocht er onverhoopt toch een kleine luchtbel in de buis komen, dan is er halverwege de buis eene inrichting, waardoor belet wordt, dat die luchtbel naar het bovenste luchtledige gedeelte der barometerbuis stijgt (fig. 121).

Aan het boveneinde der koperen buis *a*, waar, door twee elkander juist tegenoverstaande langwerpige openingen, de kwik in de glazen buis *c* zichtbaar is, is langs de zijde van een dier openingen de schaalverdeeling aangebracht, terwijl daarlangs een nonius *v* verschuifbaar is (fig. 119). De benedenranden van het, met eene schroef *s* met rondselbeweging, verplaatsbare stuk, waarop de nonius is aangebracht moeten rakend aan het kwikoppervlak gesteld worden; zij zijn in een vlak gelegen, dat loodrecht staat op de as der barometerbuis.

Op de koperen buis *a* bevindt zich nog een thermometer ten einde de temperatuur van de kwik te meten.

Bij het gebruik van dezen barometer heeft men niets

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

voor te bereiden; men leest slechts na de instelling van den nonius den stand van de kwik af.

Bij den barometer van *Olland* behoort een gelijksoortige voet met foedraal als bij den bakbarometer van *Fortin*.

Wil men hem opstellen, zoo keere men het lederen foedraal met het deksel naar boven, opene het, hale den voet er uit, neme den ring, die de beenen samenhoudt, er af, en keere het onderstel langzaam om. Men zette daarna de drie beenen uit elkander, en schroeve den dop van den kop af; de barometer hangt dan op de bovenste tappen *t* (fig. 119) in den ring, die in den kop van het onderstel is aangebracht.

Om hem gemakkelijk af te lezen, lichte men den geheelen barometer in de hoogte, en plaatse hem met het tweede paar tappen *r*, dat midden aan de buis *a* is aangebracht, in den ring.

Om den barometer weg te bergen, late men hem weder met het paar bovenste tappen *t* in den ring zakken, schroeve den dop op den kop van het voetstuk, waardoor de tappen genoodzaakt worden op hunne plaatsen te blijven, sluite de beenen en gespe den riem toe, die het midden der beenen omgeeft, keere het voetstuk langzaam om, sluite het met den ring aan de ondereinden der beenen op, en late ten slotte het geheel in het lederen foedraal neder.

§ 217. Fig. 122 stelt een standgezicht en fig. 123 eene doorsnede op eenigszins grootere schaal van den *reisbarometer van Fuess* voor.

In de eerste figuur is de bak A A zoover uitgedraaid, dat het oppervlak van de daarin aanwezige kwik overeenstemt met het nulpunt der schaalverdeeling; in de tweede figuur is daarentegen de bak geheel aangeschroefd.

De barometer bestaat evenals de reeds beschrevene barometers, uit een door een vernikkeld, messingen omhulsel B B omgeven glazen buis E E, waarmede van onderen een tendeele glazen bak A A op de navolgende wijze verbonden is. Het dikkere ondereinde *b b* van de messingen buis B B omsluit namelijk met eene, aan hare binnenzijde gesnedene, moer het aan de buitenzijde van een schroefgang voorziene ijzeren middenstuk C C. Door een om de glazen buis E E

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

geplakt, papieren cylindertje *f f*, hetwelk aan de onderzijde door de borst *g g* van het genoemde middenstuk en aan de bovenzijde door de schroef *c c* is opgesloten, wordt de glazen buis aan haar metalen omhulsel verbonden; het schroefje *a* dient om deze bevestiging te verzekeren.

De gedeeltelijk van glas vervaardigde bak A A omsluit, met eene aan de binnenzijde van het ijzeren bovendeel aangebrachte moer, een aan de buitenzijde van het ijzeren middenstuk C C gesnedenen schroefgang. Een lederen schijfje *c c* door een metalen schroef vastgehouden, verhindert, dat de kwik tusschen schroefgang en moer binnendringt.

Onder aan dit ijzeren bovengedeelte van de bak A A is een glazen cylinder met een, van groote doorlaten voorziene, koperen omhulsel *l l* verbonden; door middel van het schroefje *m* wordt deze verbinding verzekerd.

Op den bodem van den bak wordt door een koperen spiraalveer een sluitstuk *i* ondersteund, dat, wanneer de bak geheel is aangeschroefd, de opening van de glazen buis afsluit. Draait men den bak los, dan komt de bovenzijde daarvan tegen de stuiting *d*, welke met een schroefje aan het ondereinde van het ijzeren middenstuk CC is bevestigd; aan dat ondereinde bevindt zich ook nog de spits *k*, waarvan het uiterste puntje overeenstemt met het nulpunt van de op de messingen buis BB aangebrachte schaalverdeeling.

In den koperen bodem van den bak AA is, om de kwik uit den bak te kunnen verwijderen, eene opening gelaten, welke met de schroef *h* gesloten is. Wil men de kwik uit den bak weg laten loopen, dan moet eerst het koperen deksel DD afgeschroefd en daarna de schroef *h* weggenomen worden.

Aan de buitenzijde van de messingen buis BB is een thermometer tot het waarnemen van de temperatuur verbonden.

Een van eene rondselbeweging tot fijne instelling voorziene noniusring *n n* is langs die buis beweegbaar, tot aflezing der hoogte van de kwikkolom, hetgeen op overeenkomstige wijze geschiedt, als bij de hiervoren beschrevene barometers werd aangegeven.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Aan de bovenzijde der buis bevindt zich een oog O tot het ophangen van den barometer. De halverwege van de buis aangebrachte ring met uitstekende nokken P P dient om den barometer in den beweegbaren ring van een koperen drievoet te doen rusten.

Voor het vervoer wordt de barometer eerst langzaam en zonder schokken omgedraaid, zoodat het oog O naar beneden gekeerd is; bij deze beweging vult zich de glazen buis geheel met kwik. Daarna draait men den bak zoover aan, dat het sluitstuk *i* de opening van deze buis afsluit, en laat de in den bak overgeblevene kwik, door de opening in den bodem van den bak, in een palmhouten flesch leegloopen. Geschiedt het vervoer met de noodige omzichtigheid, dan wordt de kans tot breken van de glazen buis door dezen maatregel aanzienlijk verminderd.

Wil men, ter plaatse aangekomen, den barometer gebruiken, dan moet eerst de kwik wederom in den bak gebracht worden. Daarna hangt men den barometer loodrecht op, en draait den bak zoover uit, dat de spits *k* het oppervlak van de kwik beroere; men kan dan tot de aflezing overgegaan.

§ 218. Fig. 124 en 125 stellen respectievelijk een standgezicht en eene doorsnede over den *hevelbarometer van Gay Lussac* voor. Ter verduidelijking der voorstelling is in deze figuren de barometer, in verhouding tot zijne lengte, een weinig te breed aangegeven.

De geheele barometer wordt in een houten, met leder gevoerd en overtrokken, cylindervormig foedraal geborgen. De beide half cylindervormige deelen *a c d* en *a c b* (fig. 124), waaruit dit foedraal bestaat, kunnen om een scharnier draaien, en worden, na gesloten te zijn, van buiten met haakjes aan elkander verbonden.

De glazen barometer buis *e k i* heeft den vorm van een hevel met een kort en een lang been.

Het lange been *e k* is aan het boveneinde luchtdicht gesloten en van *f* tot *h* sterk vernauwd.

Deze vernauwing heeft ten doel, om het toetreden van lucht in de luchtledige ruimte *e r*, begrepen tusschen de kwik en het geslotene einde van het lange been der barometer-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

buis, te voorkomen, en ook om te beletten, dat, wanneer men den barometer toevallig eenigszins sneller dan noodig doe hellen, de kwik uit het korte been zich te spoedig naar het lange been verplaatst, en daardoor wellicht te krachtig tegen het boveneinde van dit laatste been aanslaat, waardoor de glazen buis zoude kunnen breken.

Bij *f* is nog eene inrichting aangebracht, om kleine in de barometerbuis gedrongene luchtbellen op te nemen. De barometerbuis heeft daar namelijk eene verwijding, waar binnen een nauw buisje met fijne opening *n* aan den omringenden wand der barometerbuis is samengesmolten. Toevallig in het korte been der buis gekomene, kleine luchtbellen kunnen nu de fijne opening van het binnenste buisje niet binnentreden, maar zullen zich in de verwijding bij *f* tusschen het buisje en de omringende buitenste glazen barometerbuis verzamelen.

Het korte been bij *i* is op gelijksoortige wijze afgesloten; ook dáár is in de barometerbuis een nauwer buisje met fijne opening aangebracht, waardoor wel de dampkringslucht dit einde der barometerbuis kan binnendringen, maar de kwik belet wordt de buis te verlaten.

Door deze inrichting is de kwikkolom bij het vervoer van den barometer genoegzaam verzekerd, en behoeft zij niet verder opgesloten te worden.

De boveneinden zoowel van het korte als van het lange been der barometerbuis zijn nog omgeven door twee glazen buizen *pg* en *qs*, welke bij *p* en *q* onveranderlijk aan elkander verbonden zijn, en gezamenlijk langs de beide beenen der barometerbuis verschoven kunnen worden.

Deze verschuiving heeft ten doel, om een zich bij *o* bevindend merkteeken op de buitenste glazen buis nauwkeurig met het einde der kwikkolom in het korte been der barometerbuis te doen overeenstemmen, ten einde het beginpunt der te meten kwikkolom aan te geven. Het andere einde dier kolom in het lange been moet dan bij *r* op eene daartoe op de buitenste glazen buis tusschen *q* en *s* aangebrachte verdeeling afgelezen worden.

Deze verschuifbare schaal heeft het voordeel, slechts eenmaal te behoeven afgelezen te worden, terwijl bovendien glas —

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

het materiaal waaruit de buis is samengesteld — minder den invloed van temperatuurswisselingen ondervindt dan eene koperen schaal. Het verschuiven en instellen der buitenste glazen buizen moet behoedzaam en met de grootste nauwkeurigheid geschieden. Bij waarnemingen wordt deze barometer even als die van *Fortin* op een op overeenkomstige wijze ingerichten voet opgesteld.

Daar hevelbarometers door hunne samenstelling bij het transport meer aan breken onderhevig zijn dan bakbarometers, wordt bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* voor het gebruik aan deze laatste soort kwikbarometers de voorkeur gegeven.

§ 219. De vereischten van een goeden kwikbarometer zijn:

1e, dat de ruimte in de glazen buis boven de kwikkolom volkomen luchtledig is;

2e, dat de kwik zuiver is;

3e, dat langs de barometerbuis eene daarmede evenwijdig loopende, nauwkeurig verdeelde schaal met nonius aangebracht is, en dat men bij de barometers, met uitzondering van die van *Olland*, het nulpunt dier schaal met het kwikoppervlak in den bak kan doen samenvallen, terwijl bij de hevelbarometers zulks moet kunnen geschieden met het kwikoppervlak in den korten arm van den barometer.

Om zich te overtuigen, of de buis van den barometer boven de kwikkolom behoorlijk luchtledig is, brenge men den barometer in een hellenden stand, totdat de kwik tegen het geslotene boveneinde der buis aanslaat; gaat dat aanslaan vergezeld van een helder geluid, dan is de buis luchtledig; is er daarentegen lucht in, dan breekt deze den stoot van de kwik tegen het glas, en het geluid is doffer.

Wanneer er lucht in den barometer gekomen, of de kwikoppervlakte door oxydatie dof geworden is, moet het instrument door een instrumentmaker gerepareerd worden.

De nauwkeurigheid der schaalverdeeling onderzoekt men: *eerstens*, door de geheele lengte der schaal met een gelijk aantal deelen van een standaardmaat te vergelijken; *tweedens*, door na te gaan, of alle deelen van de schaal even groot zijn; dit geschiedt door middel van den nonius, die op alle

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

plaatsen der schaal steeds een even groot aantal schaaldeelen moet beslaan.

Bij niet zeer wijde barometerbuizen moet men alvorens waar te nemen, zacht tegen den toestel tikken, om de kwik van de zijwanden der buis los te maken. Is de buis te nauw dan zal men met tikken voortgaande, steeds andere aflezingen verkrijgen, en moet de buis verwisseld worden.

§ 220. De wederzijdsche aantrekking van het glas en de kwik heeft ten gevolge, dat de kwik in de barometerbuis niet tot die hoogte stijgt, als noodig is, om evenwicht te maken met de drukking der dampkringslucht. Men noemt dezen invloed de *capillaire nederdrukking* (*depressie*).

Deze is afhankelijk van de inwendige middellijn der buis, alsmede van de soort van glas, waaruit de buis is samengesteld.

§ 221. *La Place* heeft eene formule gegeven, waaruit het volgend tafeltje is berekend. De straal der buis en de nederdrukking zijn in millimeters uitgedrukt.

| Straal der buis. | Capillaire neder-drukking. | Straal der buis. | Capillaire neder-drukking. | Straal der buis. | Capillaire neder-drukking. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 4.55 | 4.0 | 0.68 | 7.0 | 0.15 |
| 1.5 | 2.90 | 4.5 | 0.53 | 7.5 | 0.12 |
| 2.0 | 2.03 | 5.0 | 0.42 | 8.0 | 0.09 |
| 2.5 | 1.50 | 5.5 | 0.35 | 8.5 | 0.07 |
| 3.0 | 1.14 | 6.0 | 0.26 | 9.0 | 0.05 |
| 3.5 | 0.88 | 6.5 | 0.20 | 9.5 | 0.04 |
| | | | | 10.0 | 0.03 |

Tengevolge der capillariteit vormt het kwikoppervlak in de barometerbuis een met de bolle zijde naar boven gekeerd bolvormig segment (*meniscus*), waarvan de hoogte afhangt van de soort van glas, waaruit de buis is gemaakt. *Schleiermacher* en *Eckhardt* hebben aangetoond, dat de neerdrukking der kwikkolom van de hoogte van dit segment afhangt; deze hoogte $h$ en de straal der buis $r$ aannemende, is het

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

volgende tafeltje door hen gegeven, waarin alles in millimeters is uitgedrukt.

| $r =$ | $h =$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
| 0.5 | 4.97 | 8.91 | 12.56 | 12.61 | | | | | | | |
| 1.0 | 1.26 | 2.45 | 4.37 | 5.58 | 6.09 | 6.17 | | | | | |
| 2.0 | 0.29 | 0.59 | 1.15 | 1.64 | 2.03 | 2.33 | 2.54 | 2.65 | 2.68 | 2.69 | 2.71 |
| 3.0 | 0.12 | 0.24 | 0.47 | 0.69 | 0.83 | 1.06 | 1.20 | 1.31 | 1.39 | 1.44 | 1.47 |
| 4.0 | 0.06 | 0.12 | 0.24 | 0.35 | 0.46 | 0.54 | 0.53 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.83 |
| 5.0 | 0.03 | 0.03 | 0.06 | 0.20 | 0.24 | 0.29 | 0.30 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.47 |

Bij den bakbarometer zal men deze correctie bij de waargenomen hoogte moeten optellen, tenzij de instrumentmaker het nulpunt der schaal zooveel lager gesteld heeft, als de door hem gevondene correctie bedraagt.

Bij de hevelbarometers wordt de invloed der capillariteit niet in rekening gebracht, omdat men veronderstelt, dat zij in beide armen der buis gelijk is en daardoor vernietigd wordt. Dit is slechts juist als de middellijnen van de beide armen der buis gelijk zijn en indien men veronderstellen mag, dat de uitwerking der capillariteit in den langen arm, alwaar de dampkringslucht geen invloed kan uitoefenen, dezelfde zal zijn als in den korten arm, alwaar het inwendige der buis voortdurend met den dampkring, en dus afwisselend met droge en vochtige lucht in gemeenschap is. Men kan echter, zoowel in den langen als in den korten arm der buis, de hoogte van het bolvormig kwikoppervlak meten. Is verder de inwendige middellijn der buis bekend, dan zal men de capillaire nederdrukking volgens bovenstaand tafeltje voor beide armen kunnen berekenen, en het verschil in rekening brengen.

§ 222. Bij de waarneming van de hoogte der kwikkolom in de barometerbuis moet nog gelet worden:

1°, op den verticalen stand der barometerbuis;

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

2e, op de temperatuur van de kwik; en

3e, op die van de schaal.

De schaal geeft de lengte der kwikkolom, welke door den druk van den dampkring in evenwicht wordt gehouden, slechts nauwkeurig aan:

1e, wanneer die lengte werkelijk de verticale drukhoogte aanwijst, en dit heeft alleen dan plaats, als de schaal verticaal is, en

2e, wanneer de kwik steeds dezelfde dichtheid behoudt; deze verandert echter met de temperatuur van de kwik.

Heeft men bij eene temperatuur van $t°$ celsius eene voor capillaire nederdrukking gecorrigeerde kwikhoogte $h\,t$ waargenomen, dan vindt men de hoogte der kwikkolom, zooals die bij 0° celsius zou zijn, door de formule $h_o = \frac{h\,t}{1 + \alpha\,t}$, waarin $\alpha$ de hoeveelheid beteekent, waarmede de eenheid van volume van kwik bij één graad temperatuurvermeerdering toeneemt. Verder kan men ook nog de uitzetting in rekening brengen, die de schaal door de warmte ondergaat.

Zij de schaal bij 0° Celsius verdeeld, T de temperatuur der schaal bij de waarneming en $\beta$ de vermeerdering in lengte, die eene lengteeenheid der schaal bij één graad temperatuurverhooging krijgt, dan moet de hoogte $h\,t$ in de bovenstaande formule eigenlijk worden $h\,t\,(1 + \beta\,T)$, hetgeen voor de hoogte der kwikkolom bij 0° Celsius geeft: $H_o = \frac{h\,t\,(1 + \beta\,T)}{1 + \alpha\,t}$.

Dit van de hoogte $h\,t$ aftrekkende, vindt men voor het verschil $h\,t - H_o = h\,t\,\frac{\alpha\,t - \beta\,T}{1 + t}$.

Deze waarde moet bij temperaturen boven en onder 0° Celsius respectievelijk van de barometerwaarnemingen afgetrokken en daarbij opgeteld worden; men noemt dit de barometerhoogte tot 0° herleiden. Om deze herleiding gemakkelijk te maken is nevenstaande tafel berekend.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Herleidingstafel tot 0° van barometerwaarnemingen voor meetschalen bij een normaaltemperatuur van 0° Celsius verdeeld.

| t° C. | Afgelezen barometerstand in millimeters. | | | | | | | | | | | | t° C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 | 710 | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | |
| | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. | |
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1 |
| 2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2 |
| 3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 3 |
| 4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4 |
| 5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 5 |
| 6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 6 |
| 7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 7 |
| 8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 8 |
| 9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 9 |
| 10 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 10 |
| 11 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 11 |
| 12 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 12 |
| 13 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 13 |
| 14 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 14 |
| 15 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 15 |
| 16 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 16 |
| 17 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 17 |
| 18 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 18 |
| 19 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 19 |
| 20 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 20 |
| 21 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 21 |
| 22 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 22 |
| 23 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 23 |
| 24 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 24 |
| 25 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 25 |
| 26 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 26 |
| 27 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 27 |
| 28 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 28 |
| 29 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 29 |
| 30 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.7 | 30 |
| t° C. | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 | 710 | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | t° C. |

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Daar de druk van den dampkring gemeten moet worden onafhankelijk van de toevallige temperatuur der plaats, waar de barometer wordt waargenomen, moeten alle nauwkeurige barometerwaarnemingen, om ze onderling te kunnen vergelijken, tot 0° herleid worden.

Heeft de schaal langs de barometerbuis niet de volle lengte, maar bestaat zij, zooals meestal bij bakbarometers het geval is, slechts uit een koperen reep van geringe lengte, dan behoort hierop, bij het aanbrengen der correctie voor de schaal, gelet te worden.

De uitzetting moet dan berekend worden van het punt, alwaar de schaal aan de barometerbuis is bevestigd.

De correctie voor de uitzetting van kwik bedraagt nagenoeg 0.12 millimeter voor elken graad van den honderddeeligen thermometer. Is de schaal op koper gesneden, dan kan men de uitzetting van dit metaal bij gelijken warmtegraad nagenoeg gelijk aan $\frac{1}{10}$ van die van de kwik stellen.

Uit proeven is gebleken, dat het volume van kwik bij verwarming van 0° tot 100° Celsius $\frac{1}{55.5}$ grooter wordt; voor 1° Celsius is dus $\alpha = \frac{1}{5550} = 0.00018$.

§ 223. De druk van den dampkring is op dezelfde plaats niet altijd even groot, maar aan veranderingen onderhevig. Deze veranderingen zijn deels *regelmatig* deels *onregelmatig*. De regelmatige veranderingen zijn *dagelijksche* of *jaarlijksche*.

De regelmatige, dagelijksche verandering van een barometer bestaat in eene afwisselende rijzing en daling, die op de meeste plaatsen tweemaal, op sommige andere slechts éénmaal in een etmaal plaats heeft; deze dagelijksche verandering is het grootst en het meest regelmatig onder den evennaar, waar zij met de regelmaat van een uurwerk terugkeert, en wordt kleiner en onregelmatiger, naar mate men zich van den evenaar verwijdert.

De jaarlijksche, regelmatige verandering bestaat in eene daling, die van de winter- tot de zomermaanden plaats heeft, en in eene rijzing, van de zomer- tot de wintermaanden; deze is vooral in koudere landen aanmerkelijk.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De regelmatige zoowel als de onregelmatige veranderingen van den luchtdruk staan in verband met veranderingen van de temperatuur en de windrichting, alsmede met den regen.

Dat de regelmatige veranderingen samenhangen met den zonnestand, blijkt duidelijk uit de omstandigheid, dat ze afhankelijk zijn van het uur van den dag en van de maanden van het jaar.

De jaarlijksche gemiddelde luchtdruk, dat is het gemiddelde uit de som der gedurende het jaar waargenomene barometerhoogten, gedeeld door het aantal waarnemingen, is op dezelfde plaats bijna altijd even groot.

Op de oppervlakte van de zee is de gemiddelde luchtdruk over de geheele aarde tennaastenbij even groot, aan den evenaar iets kleiner, aan de keerkringen iets grooter dan in *Europa*. Op *Java* bedraagt aan het zeestrand de tot 0° herleide, gemiddelde barometerstand 758,71 millimeters.

§ 224. De luchtdruk neemt van het oppervlak der zee naar boven voortdurend af. Daar de dampkringslucht eene samenpersbare vloeistof is, waarvan de onderste lagen door de bovenste samengedrukt worden, is de dichtheid dier onderste luchtlagen en dus ook haar gewicht grooter, dan die der hooger gelegene. De vermindering van den luchtdruk geschiedt dan ook in meetkunstige verhouding met de vermeerdering der hoogte boven het gemiddelde aardoppervlak (*het oppervlak der zee*).

De hoogten van plaatsen boven het oppervlak der zee zijn evenredig aan het verschil der logarithmen uit de gemiddelde barometerstanden, aan de zee en op die plaatsen waargenomen. Men kan dus de hoogte eener plaats boven het oppervlak der zee berekenen, wanneer men de gemiddelde barometerstanden op die plaats en aan het oppervlak der zee kent.

Noemt men de te bepalen hoogte van het punt boven het zeeoppervlak Z, den gemiddelden barometerstand aan het oppervlak der zee $B_o$ en dien op de plaats $B_z$ (beide nadat zij voor de capillaire nederdrukking verbeterd en tot 0° herleid zijn), dan heeft men vrij nauwkeurig: $Z = 18404 \text{ Meter} \times \log \frac{B_o}{B_z}$.

Nauwkeuriger is de formule van *La Place*:

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

$$Z = 18404 \text{ Meter } (1 + 0.002887 \cos 2\varphi)\left(1 + \frac{2(T_o + T_z)}{1000}\right) \log \frac{B_o}{B_z}.$$

waarin nog $T_o$ en $T_z$ de temperaturen der benedenste en bovenste waarnemingsplaatsen en $\varphi$ de breedte der plaats voorstellen.

Voor hoogten minder dan 1000 meters heeft *Babinet* de volgende formule voorgesteld, die zonder logarithmen berekend kan worden:

$$Z = 15986 \text{ Meter} \times \frac{B_o - B_z}{B_o + B_z}\left(1 + \frac{2(T_o + T_z)}{1000}\right).$$

Wil men van twee punten het verschil in hoogte met den barometer bepalen, dan zal, wanneer H den barometerstand op het laagste, en $h$ dien op het hoogste punt voorstelt, het verschil in hoogte door de formule $x = N (\log H - \log h)$ worden aangegeven.

De waarde van den coëfficient N is afhankelijk van de betrekking tusschen het soortelijk gewicht der lucht en dat van de kwik.

Het gewicht van de lucht hangt af van haren warmtegraad en van den graad van vochtigheid, alsmede van de werking der zwaartekracht, die op verschillende punten van den aardbol, en ook op groote hoogten boven het aardoppervlak, niet dezelfde blijft.

Het gewicht van de kwik is eveneens afhankelijk van de veranderlijke werking der zwaartekracht en van den warmtegraad, dien de kwik in de barometerbuis heeft, welk warmtegraad met dien der lucht, die de buis omgeeft, kan verschillen.

Met het oog op alle deze invloeden zijn, tot het bepalen van hoogteverschillen met den barometer, onderscheidene formules samengesteld.

Zoowel door *Paul Schreiber* in zijn „Handbuch der barometrischen Höhenmessungen, *Weimar* 1877", als door *Sprung* in zijn „Lehrbuch der Meteorologie, *Hamburg* 1885", worden formules aanbevolen, welke slechts zeer weinig in vorm verschillen. Partij trekkende van de door beiden aangegeven formules kan voor hoogtebepalingen met den barometer de navolgende practische formule worden aanbevolen, namelijk:

$$h = 18404\,(1 + 0{,}00366\,t)(1 + 0.378\,\varphi)(1 + 0{,}0026\cos 2\varphi)\left(1 + \frac{2z + h}{6378200}\right)\log\frac{b_1}{b_2};$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

waarin:

$t = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$;

$t_1$ en $t_2$, de op beide plaatsen, waarvan men het hoogteverschil wil kennen, waargenomen temperaturen Celsius;

$\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$;

$\varphi_1 = \frac{s_1}{b_1}$, $\varphi_2 = \frac{s_2}{b_2}$;

$b_1$ en $b_2$, de op 0° gereduceerde, gemiddelde barometerstanden op diezelfde plaatsen, uitgedrukt in millimeters;

$s_1$ en $s_2$, de op diezelfde plaatsen waargenomen spanning van den waterdamp, eveneens uitgedrukt in millimeters;

$\psi = \frac{1}{2}(\psi_1 + \psi_2)$, $\psi_1$ en $\psi_2$, de geographische breedten op beide plaatsen;

$z$, de hoogte boven zee van het standpunt, waarvan de hoogte bekend is; en

$h$, het gezochte hoogteverschil in meters, voorstellen.

De wijze van berekening is als volgt:

$$h_1 = 18404 \log \frac{b_1}{b_2} = \text{normale hoogte};$$

$\Delta h_1 = + 0.00366\ h_1 t =$ temperatuurcorrectie;

$\Delta h_2 = + 0.378\ h_2 \varphi =$ vochtigheidscorrectie;

$\Delta h_3 = + 0.0026\ h_3 \cos 2\psi =$ correctie voor breedte;

$$\Delta h_4 = + \frac{2z + h_4}{6378200} h_4 = \text{correctie voor zwaartekracht};$$

en $h = h_1 + \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$.

De waarden van $s_1$ en $s_2$ worden, op grond der aanwijzingen van een psychrometer van *August*, door de empirische formule $s = s' - 0.0008\ (T—T')\ b$ bepaald.

In deze formule stellen T en T′ de aanwijzingen van den drogen en den natten thermometer in graden Celsius, $b$ den barometerstand en $s'$ den bij de temperatuur T′ behoorende maximum spanning van den waterdamp voor.

Voor de bepaling van $s$ volgen hieronder verkorte hypsometrische tafels van *Bauernfeind*, waarvan de eerste $s'$ als afhankelijke van T′ en de tweede $0.0008\ (T—T')\ b$ als functie van (T—T′) en $b$ bevat.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

TAFEL I.

$s'$, maximum spanning van den waterdamp bij de temperatuur T'.

| T' | $s'$ | T' | $s'$ | T' | $s'$ | T' | $s'$ | T' | $s'$ | T' | $s'$ | T' | $s'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cels. | mM. | Cels. | mM. | Cels. | mM. | Cels. | mM. | Cels. | mM. | Cels. | mM. | Cels. | mM. |
| 0° | 4.5 | 5° | 6.5 | 10° | 9.1 | 15° | 12.7 | 20° | 17.4 | 25° | 23.6 | 30° | 31.6 |
| 1 | 4.9 | 6 | 6.9 | 11 | 9.8 | 16 | 13.5 | 21 | 18.5 | 26 | 25.0 | 31 | 33.5 |
| 2 | 5.2 | 7 | 7.4 | 12 | 10.4 | 17 | 14.4 | 22 | 19.7 | 27 | 26.5 | 32 | 35.4 |
| 3 | 5.6 | 8 | 8.0 | 13 | 11.1 | 18 | 15.4 | 23 | 20.9 | 28 | 28.1 | 33 | 37.5 |
| 4 | 6.0 | 9 | 8.5 | 14 | 11.9 | 19 | 16.3 | 24 | 22.2 | 29 | 29.8 | 34 | 39.6 |
| | | | | | | | | | | | | 35 | 41.8 |

TAFEL II.

$0.0008\ (T - T')b$.

| T — T' | $b$. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 500 mM. | 600 mM. | 700 mM. | 760 mM. |
| 0° Cels. | 0.0 mM. | 0.0 mM. | 0.0 mM. | 0.0 mM. |
| 1 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| 2 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 3 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 1.8 |
| 4 | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 2.4 |
| 5 | 2.0 | 2.4 | 2.8 | 3.0 |
| 6 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 3.6 |
| 7 | 2.8 | 3.4 | 3.9 | 4.3 |
| 8 | 3.2 | 3.8 | 4.5 | 4.9 |
| 9 | 3.6 | 4.3 | 5.0 | 5.5 |
| 10 | 4.0 | 4.8 | 5.6 | 6.1 |

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## VOORBEELD.

Waarnemingen op een zelfden datum te *Batavia* op het Magnetisch en Meteorologisch Observatorium en te *Bandoeng* op het geographisch signaal achter het residentiehuis.

Gegeven: voor *Batavia*: $b_1 = 758.71$ mM., $\varphi_1 = 6°8'$, $z = 7$ M.

voor *Bandoeng*: $b_2 = 700.18$ mM., $\varphi_2 = 6°54'$.

Waarnemingen met den psychrometer

| | | T′ | T | T—T′ | $s'$ | $0.0008 \times (T\text{-}T')b$. | $s$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| te BATAVIA. | 8u. v.m. | 21°.3 Cels. | 22°.8 Cels. | 1°.5 Cels. | 18.9mM. | 0.9mM. | 18.0 |
| | 10u. „ | 22.2 | 26.4 | 4.2 | 19.9 | 2.5 | 17.4 |
| | middag | 23.1 | 29.2 | 6.1 | 21.0 | 3.7 | 17.3 |
| | 2u. n.m. | 23.9 | 29.3 | 5.4 | 22.1 | 3.2 | 18.9 |
| | 4 „ | 22.8 | 28.6 | 5.8 | 20.7 | 3.5 | 17.2 |
| | 6 „ | 22.0 | 27.1 | 5.1 | 19.7 | 3.1 | 16.6 |
| | | | $t_1 = 27°.2$ Cels. | | | gemiddeld $s_1 =$ | 17.6 mM. |
| te BANDOENG. | 8u. v.m. | 16°.2 Cels. | 18°.5 Cels. | 2°.3 Cels. | 13.7mM. | 1.3mM. | 12.4mM. |
| | 10u. „ | 18.4 | 24.3 | 5.9 | 15.8 | 3.3 | 12.5 |
| | middag | 20.1 | 28.0 | 7.9 | 17.5 | 4.4 | 13.1 |
| | 2u. n.m. | 19.5 | 26.8 | 7.3 | 16.9 | 4.1 | 12.8 |
| | 4 „ | 18.0 | 24.1 | 6.1 | 15.4 | 3.5 | 11.9 |
| | 6 „ | 17.9 | 23.7 | 5.8 | 15.3 | 3.3 | 12.0 |
| | | | $t_2 = 24°.2$ Cels. | | | gemiddeld $s_2 =$ | 12.5mM. |

$\log s_1 = 1.24551$ $\log s_2 = 1.09691$ $t_1 = 27°.2$ Cels.

$\log b_1 = 2.88008$ $\log b_2 = 2.84521$ $t_2 = 24.2$

$\log \varphi_1 = \overline{8.36543}\text{-}10$ $\log \varphi_2 = \overline{8.25170}\text{-}10$ $t = 25°.7$ Cels.

$\varphi_1 = 0.0232$ $\varphi_2 = 0.0179$ $\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = 0.0206$

$$h_1 = 18404 \log \frac{758.71}{700.18} = 641.56 \text{ Meter}$$

$$\triangle h_1 = + 641.56 \times 0.00366 \times 25.7 = + 60.35 \text{ „}$$

$$h_2 = 701.91 \text{ Meter}$$

$$\triangle h_2 = + 701.91 \times 0.378 \times 0.0206 = + 5.47 \text{ „}$$

$$h_3 = 707.38 \text{ Meter}$$

$$\triangle h_3 = + 707.38 \times 0.0026 \times 0.974 = + 1.79 \text{ „}$$

$$h_4 = 709.17 \text{ Meter}$$

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

$$h_4 = 709.17 \text{ Meter}$$

$$\Delta h_4 = +709.17 \times \frac{14 \times 709.17}{6378200} = + 0.08 \text{ „}$$

$$h = 709.25 \text{ Meter}$$

$$z = + 7.00 \text{ „}$$

hoogte *Bandoeng* = 716.25 Meter, terwijl de Geographische Dienst 716.2 Meter vond.

Daar een fout van 0.1 Milimeter in het barometerverschil een verschil van 1.1 Meter in de hoogte geeft, moet, door nauwkeurige vergelijking van de gebruikte barometers vóór en nà de waarneming, getracht worden, die fout zoo klein mogelijk te maken.

Voor eene nadere uiteenzetting van de wijze waarop de in de formule gebruikte coëfficienten verkregen zijn, wordt verwezen naar de hiervoren vermelde werken van *Schreiber* en *Sprung*.

Ten slotte dient de aandacht er op gevestigd te worden, dat, hoewel de barometer in hoofdzaak het gewicht van den dampkring meet, toch vooral bij snelle temperatuurs- en vochtigheidsveranderingen de spanningsverschijnselen een vrij groote rol spelen. De barometer is dan ook inderdaad meer een *manometer* dan eene *balans*; hij geeft altijd *de spanning*, niet altijd *het gewicht* aan.

*b. De metaalbarometers.*

§ 225. De moeielijkheid van het vervoer der met kwik gevulde glazen barometerbuizen, bij waarnemingen op hooge en dikwerf weinig toegankelijke punten, deed ter vervanging daarvan naar andere hulpmiddelen omzien, en kwam men er toe de zoogenaamde *metaalbarometers* samen te stellen.

De eerste werd in 1847 door *Vidi* aan de *Parijsche Academie* voorgelegd; hij bestond, even als alle metaalbarometers, in hoofdzaak uit een luchtledige, met dunne, veerkrachtige wanden geslotene metalen doos, die door den druk van den dampkring werd samengedrukt, welke beweging door eene mechanische inrichting vergroot overgebracht, en daarna gemeten werd. De uitvinder noemde zijn instrument *baromètre anéroide*, hetgeen beteekent: een barometer, die geen vloeistof bevat.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Spoedig daarna stelde *Bourdon* een metaalbarometer samen, waarvan de doos den vorm eener sikkel verkreeg, en waarbij de verandering in de afstanden der uiteinden van die sikkel door middel van eene hefboombeweging op een wijzer overgebracht werd. *Bourdon* noemde dat instrument *metaalbarometer*.

*Naudet* heeft in den laatsten tijd de inrichting van den barometer van *Vidi* eenigszins gewijzigd, en aan dezen gewijzigden barometer den naam van *baromètre holostérique* gegeven, welke naam aan het *Grieksch* ontleend is, en nagenoeg dezelfde beteekenis heeft als die van *Baromètre Anéroïde*.

De meeningen omtrent de mate van bruikbaarheid dezer barometers, die wij met den algemeenen naam *metaalbarometers* zullen bestempelen, loopen nog al uiteen.

Het meest verbreid is de barometer van *Naudet;* dezen zullen wij dan ook beschrijven.

§ 226. De *metaalbarometer (Baromètre holostérique) van Naudet* (fig. 126, 127 en 128) is eene van boven met eene glasplaat GG geslotene, messingen doos DD, waarin op eene, op den bodem B zich bevindende, plaat PP eene kleine cylindervormige, zooveel mogelijk luchtledige, doos *d d* is geplaatst. Deze laatste doos is voorzien van een dun, gegolfd deksel, dat zeer veerkrachtig is, en daardoor den invloed van elke verandering in den luchtdruk ondervindt. Vermeerdert bijv. de druk van den dampkring, dan wordt het deksel naar binnen gedrukt, terwijl het bij vermindering van den luchtdruk door eigen veerkracht en door de werking van de insgelijks aan de plaat PP bevestigde, gebogene veer VV op het kolommetje K, dat aan het midden van het deksel verbonden is, wederom naar buiten gedrongen wordt. De veer volgt derhalve de bewegingen, door de veranderingen in den luchtdruk aan het deksel van de doos *d d* medegedeeld. Deze bewegingen worden, om ze met juistheid te kunnen meten, door middel van een stel hefboomen, ongeveer 150 maal vergroot op een wijzer *w w* overgebracht en aan eene verdeeling *v v*, op eene plaat *p p* aangebracht, afgelezen. (fig. 128).

Om die vergrooting te verkrijgen, maakt eene staaf S, die, met het aan haar bevestigde staafje *s* de bewegingen der

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

veer VV aan de as AA mededeelt (fig. 127), met deze veer één geheel uit, en is aan deze as eene staaf $s_1$ verbonden, die de bewegingen dier as volgt, en ze met een fijn kettinkje $k$ overbrengt op een trommeltje T, dat zich om eene spil $a\,a$ kan bewegen, en waarop dat kettinkje is gewonden (fig. 126). Het kettinkje wordt door middel van eene spiraalveer C, die op de spil $a\,a$ werkt, en waaraan de wijzer $w\,w$ bevestigd is, steeds gespannen gehouden.

Vermeerdert dus de druk van den dampkring, dan buigt het deksel der doos $d\,d$ in, en wordt de veer VV door het kolommetje K naar beneden getrokken; de staaf S brengt die beweging op het staafje $s$, en dit op de as AA over, die haar weder aan de staaf $s_1$ mededeelt; deze helt zoodoende naar de rechterzijde over, en voert het kettinkje $k$ met zich mede, dat alzoo van den trommel T wordt afgewonden, waardoor diens spil $a\,a$ genoodzaakt is rond te draaien, en de daaraan verbonden wijzer $w\,w$ in de richting van de wijzers van een uurwerk medeneemt. Vermindert daarentegen de luchtdruk, dan heeft in den barometer eene omgekeerde werking plaats, en wordt de wijzer dus in tegenovergestelden zin bewogen.

De verdeeling op de plaat $p\,p$ (fig. 128) moet, evenals bij den kwikbarometer, de drukking van den dampkring in millimeters aanduiden.

De grootte van de armen der hefboomen, welke de bewegingen van de veer VV op den wijzer $w\,w$ overbrengen, moet dus zoodanig geregeld zijn, dat elke vermeerdering van den druk van den dampkring, welke eene steiging van een millimeter bij den kwikbarometer zoude ten gevolge hebben, den wijzer van den metaalbarometer juist eene verdeeling verplaatst. Met het oog daarop is het scharnierpunt E, waar de staaf $s_1$ met het stuk $f\,f$ der as AA in verbinding is, door middel van twee schroefjes $c$ en $c_1$ verplaatsbaar; die verbinding heeft namelijk plaats door middel van het knievormig gebogen plaatje $e\,e$, dat, door het aan de as AA aangebrachte tegenwicht $t$, tegen het voetpunt van het schroefje $c$ gedrukt wordt.

De spanning der veer VV kan nog, zoo noodig, met eene schroef F aan de onderzijde der doos DD eenigszins gewij-

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

zigd worden, ten einde de aanwijzingen van den metaalbarometer bij een bepaalden luchtdruk met die van den tot de temperatuur van 0° herleiden kwikbarometer te doen overeenstemmen.

Beide regelingen, zoowel die met de schroefjes $c$ en $c_1$ als die met de schroef F, moeten door den instrumentmaker verricht worden; het verdient aanbeveling daarna niet meer aan die schroeven te draaien, maar ontdekte afwijkingen op de hieronder aan te geven wijze in rekening te brengen.

Op de plaat $pp$ is nog een thermometer $qq$ geplaatst, om de temperatuur van den barometer aan te geven.

De geheele barometer is door een foedraal omsloten, dat om de temperatuur zoo min mogelijk te wijzigen, slechts bij de aflezingen van den stand van den wijzer en van den thermometer moet worden geopend.

§ 227. Tijdens de aflezing van den stand van den wijzer moet de barometer van *Naudet* waterpas worden gehouden, daar anders het aan de as AA bevestigde tegenwicht $t$ niet behoorlijk werkt, terwijl om de traagheid in het kettinkje $k$ te overwinnen, vooraf een weinig op het glazen deksel van het instrument dient te worden geklopt.

Om verschilzicht bij de aflezingen te voorkomen, moet het oog van den waarnemer in een vlak gebracht worden, dat door den wijzer loodrecht op de plaat $pp$ kan gedacht worden. De door den wijzer aangegevene drukking van den dampkring zal echter niet geheel gelijk zijn aan dien, welke een kwikbarometer bij nul graden temperatuur zou aanwijzen. Daartoe moet aan de aanwijzing van den metaalbarometer nog worden aangebracht;

1°, eene *correctie voor temperatuur* en

2°, eene *verdeelingscorrectie*, terwijl daarna meestal nog eene

3°, correctie, die den naam van *standcorrectie* draagt, moet volgen, om de aanwijzing van den metaalbarometer *volkomen* met die van den tot nul graden gereduceerden kwikbarometer te doen overeenstemmen.

De eerste correctie is meestal evenredig met de temperatuur, en moet van de barometeraanwijzing afgetrokken worden. Noemen wij de temperatuurcoëfficient $b$ en de temperatuur

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

van den metaalbarometer $t^{o}$, dan moet aan de aflezing van den barometer van *Naudet* nog eene *temperatuurcorrectie* $bt$ aangebracht worden; voor aanwijzingen op den honderddeelingen thermometer is de coëfficient $b$ tusschen 0.06 en 0.18 gelegen.

Komt bij vermeerdering of vermindering van den druk van den dampkring, eene verandering in de aanwijzing van den metaalbarometer van 1 millimeter niet juist overeen met eene gelijktijdige rijzing of daling van 1 millimeter in de kwikkolom van den kwikbarometer, dan is de metaalbarometer niet goed geregeld, en moet aan zijne aflezingen nog eene *verdeelingscorrectie* aangebracht worden. Stemt bijv. eene verandering van 1 millimeter op den metaalbarometer met eene rijzing of daling van $(1 + c)$ millimeter op den kwikbarometer overeen, dan zal, als bij vermeerdering van den luchtdruk de wijzer op den eersten barometer zich bijv. van $760^{mM.}$ tot $A^{mM.}$ verplaatst, de luchtdruk niet met $AA^{mM.} - 760^{mM.}$ maar met $(A^{mM.} - 760^{mM.})\ (1 + c) = (A^{mM.} - 760^{mM.}) + c\ (A^{mM.} - 760^{mM.})$, zijn toegenomen.

Kwam de aflezing van den metaalbarometer bij $760^{mM.}$ met die van den kwikbarometer overeen, dan zou de eerste $c\ (A^{mM.} - 760^{mM.})$ lager dan de tweede staan, en moest dus de aflezing A van den metaalbarometer met de correctie $c\ (A^{mM.} - 790^{mM.})$ vermeerderd worden.

*De standcorrectie* $a$ noemende, zal bij eene aflezing van $A^{mM.}$ op den metaalbarometer, wanneer $t$ zijne temperatuur en $B_o{}^{mM.}$ de tot nul graden herleide aanwijzing van den kwikbarometer voorstellen, $B_o = A + a - bt + c\ (A - 760)$ zijn.

De waarden van $b$ en $c$ zijn voor iederen barometer verschillend, en moeten dus voor elk instrument afzonderlijk bepaald worden; zij ondergaan door den tijd weinig verandering.

De standcorrectie $a$ is echter niet zoo constant.

Bij groote temperatuur- en luchtdrukveranderingen, en ook wanneer de barometer aan schokken is bloot gesteld, ontstaan er belangrijke veranderingen in de standcorrectie, die soms een blijvend karakter hebben, doch ook dikwijls na weken geheel of ten deele verdwijnen. Het is dus zaak den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

barometer zorgvuldig te behandelen, en de standcorrectie meermalen te bepalen.

Om de constanten $b$ en $c$ te bepalen, moet men de aanwijzingen van den metaalbarometer vergelijken met die van een daarnaast geplaatsten kwikbarometer.

Ten einde $b$ te vinden, zal men die vergelijkingen bij zooveel mogelijk uiteenliggende temperaturen dienen te maken. Men moet de aflezingen bij den metaalbarometer slechts verrichten, nadat de barometer eenigen tijd aan dezelfde temperatuur is blootgesteld, en deze temperatuur dus geheel heeft aangenomen. Plotselinge veranderingen van temperatuur moeten vermeden worden, ten einde geene verandering in de standcorrectie te doen ontstaan.

Zijn A en A′ de aanwijzingen, bij de temperaturen $t$ en $t'$ op den metaalbarometer verkregen, en $B_o$ en $B'_o$ de tot nul graden herleide, gelijktijdige aflezingen op den kwikbarometer, dan is:

$$B_o = A - b\,t + a + c\,(A - 760).$$
$$B'_o = A' - b\,t' + a + c\,(A' - 760).$$

Verschillen de beide barometerstanden onderling niet veel, dan mag men $a + c\,(A - 760) = a + c\,(A' - 760) = a_1$ stellen, en krijgt men, door aftrekking der bovenstaande vergelijkingen,

$$B_o - B'_o = A - A' - b\,(t - t') \text{ of } b = \frac{(B_o - A) - (B'_o - A')}{t - t'}.$$

Door bij ongeveer gelijken barometerstand, meerdere gelijktijdige aflezingen op kwik- en metaalbarometers te verrichten, krijgt men verschillende vergelijkingen, allen van denzelfden vorm, en wel:

$$B_o - A = a_1 - b\,t$$
$$B'_o - A' = a_1 - b\,t'$$
$$B''_o - A'' = a_1 - b\,t'', \text{ enz.}$$

Telt men nu de vergelijkingen, verkregen uit waarnemingen bij hooge en lage temperatuur verricht, afzonderlijk samen, dan krijgt men twee vergelijkingen met twee onbekenden $a_1$ en $b$, welker waarden dan gemakkelijk op te lossen zijn. Is de temperatuurcoëfficient $b$ eenmaal bekend, dan kan verder uit eene serie vergelijkingen van den

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

metaal- met den kwikbarometer de constante $c$ der verdeelingscorrectie op geheel overeenkomstige wijze, als zooeven voor de bepaling van de constante $b$ geschiedde, bepaald worden; men moet daartoe vooraf op de aanwijzingen van den metaalbarometer de correctie voor temperatuur aanbrengen.

De standcorrectie zal bij het bepalen van betrekkelijk geringe hoogteverschillen binnen de grenzen der temperatuuren luchtdrukveranderingen, waarbij de constanten $b$ en $c$ bepaald zijn, als standvastig aangenomen kunnen worden; die correctie zal dan uit elke vergelijking van den metaalbarometer met den kwikbarometer kunnen worden afgeleid, want:

$$a = B_o - A + b\,t - c\,(A - 760),$$

waarin alle factoren bekend zijn.

De standcorrectie is echter bij groote verschillen in de barometerstanden zeer veranderlijk; hare waarde moet alsdan telkenmale bepaald worden. Deze bepaling moet plaats hebben door vergelijking van den kwik- met den metaalbarometer bij groote verschillen in luchtdrukking, welke of kunstmatig onder de luchtpomp, of door de beide barometers achtereenvolgens op verschillende hoogten op te stellen, verkregen wordt.

Voor de eerste bepalingswijze worden menigmaal de noodige hulpmiddelen gemist, terwijl de tweede tijdroovend, lastig en door ongevallen, waaraan de kwikbarometer bij het bestijgen van groote hoogten blootgesteld is, dikwerf zeer onnauwkeurig in de uitkomsten is.

Bij het berekenen van hoogteverschillen, uit waarnemingen met den metaalbarometer verkregen, kunnen, als de aanwijzingen van dezen barometer in overeenstemming met die van den kwikbarometer zijn gebracht, de voor het gebruik van den kwikbarometer aangegevene formules worden toegepast.

De uitkomsten der hoogtebepalingen met den metaalbarometer staan echter in het algemeen beneden die, met den kwikbarometer verkregen.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## III. Het meten van hoogten door instrumenten, waarmede verticale hoeken gemeten kunnen worden.

### *a. Instrumenten waarmede verticale hoeken gemeten kunnen worden.*

#### 1°. Het patentniveau.

§ 228. Het *patentniveau* (fig. 129 en 130) bestaat uit een cylindervormig, koperen doosje D D, waarin een platte, metalen ring *r r* om eene as, welke loodrecht op het vlak van dien ring staat, en door zijn middelpunt gaat, kan draaien.

Op dezen ring is eene graadverdeeling aangebracht, die aan de eene zijde van het nulpunt tot 40° en aan de andere zijde tot 60° doorloopt, terwijl daaraan een met lood gevuld, cylindervormig doosje *d* zoodanig is verbonden, dat de lijn, welke het middelpunt met het zwaartepunt van den met dat gewicht bezwaarden ring verbindt, loodrecht staat op de middellijn, die door het nulpunt van den verdeelden boog gaat.

De as, waarom de ring *r r* kan draaien, vindt hare draaipunten aan het eene einde in den bodem van het doosje, en aan het andere einde in een door vier speeken met den wand verbonden plaatje *p*.

Het doosje is verder aan de bovenzijde met eene glasplaat gesloten.

Aan den buitenwand van het doosje is bij O een glazen prisma in een koperen kastje, en bij V een vizier aangebracht, beiden geheel ingericht als de vizierinrichting, bij de Smalkalder-patent boussole (§ 163) beschreven.

Op de zijde van het doosje bevindt zich nog een arrêteertoestel, bestaande uit een schroefje *s*, dat met het voeteinde in eene uitholling van het aan den ring *r r* bevestigde gewicht geschroefd kan worden, waardoor deze ring in zijne beweging om de as gestremd wordt.

§ 229. Bij het gebruik wordt het instrumentje zoodanig in de hand gehouden, dat de beweegbare ring een verticalen stand heeft. Het gewicht aan dien ring zal dan de middellijn, die door het nulpunt van den verdeelden boog gaat, een horizontalen stand doen aannemen. Wordt eenig voorwerp met de vizierinrichting aangepeild, dan zal men, daar de

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

bovengenoemde middellijn altijd horizontaal blijft, met het prisma de randverdeeling kunnen aflezen, die de hellingshoek aangeeft van de lijn, welke het oog met dit voorwerp verbindt; het cijfer bij die deelstreep geplaatst, wordt, evenals bij de Smalkalder-patent boussole, waargenomen. Komt het nulpunt der verdeeling met de vizierdraad overeen, dan is het voorwerp, waarop men gericht heeft, in ééne horizontale lijn met het oog gelegen.

Met het instrument zal men hoeken tot 60° boven en tot 40° beneden den horizon kunnen meten.

De eenige eischen zijn, dat het nulpunt der verdeeling goed geplaatst is, dat wil zeggen, dat de middellijn, die door dit nulpunt gaat, loodrecht staat op de lijn, die het zwaartepunt van den ring met het middelpunt vereenigt, en dat de rand juist verdeeld is.

Het eenvoudigste onderzoek op den eersten eisch geschiedt als volgt. Men zet op den muur in eene kamer ter hoogte van de oogen een potloodstreep, verwijdert zich eenige schreden daarvan, en viseert op die streep; het nulpunt der randverdeeling moet dan in het prisma gezien worden.

Om na te gaan of de randverdeeling goed is, kan men eene heen- en weêrmeting tusschen twee baken verrichten, die in eene lijn van minder dan 40° helling gelegen zijn; in beide punten moet men dan denzelfden hellingshoek met het patentniveau verkrijgen; in het eene den positieven, in het andere den negatieven hellingshoek. Men moet vooraf op de baken de deelstrepen aflezen, welke ter zelfder hoogte boven den grond gelegen zijn als het oog van den waarnemer, daar deze strepen als aanpeilingspunten moeten dienen.

Ook kan men eenige met eene ander hoekmeetinstrument gemeten verticale hoeken met het patentniveau nameten, om te zien of men dezelfde hoeken verkrijgt.

### 2e Hoekmeetinstrumenten voorzien van verticaalcirkels en de sextant.

§ 230. Tot eerstgenoemde instrumenten behooren de theodolieten en de grootere boussoleinstrumenten.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Voor de inrichting, het gebruik en het onderzoek dezer instrumenten wordt verwezen naar de §§ 141—151 en 170—190.

*b. Het berekenen der hoogten.*

§ 231. Heeft men met een der hiervoren beschreven instrumenten een verticalen hoek gemeten, en wordt daarna de afstand, waarop het waargenomen punt van het punt van waarneming verwijderd is, hetzij door rechtstreeksche meting, dan wel door bepaling met den afstandmeter gevonden, dan kan uit deze twee gegevens het hoogteverschil dier beide punten berekend worden. Den gemeten hoek $\alpha$ en den afstand L stellende, zal het hoogteverschil $h$ gevonden worden door de formule $h = L \sin \alpha$.

In de reeds genoemde tafels A en B bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* in gebruik, worden die hoogteverschillen voor hoeken van 0° tot 45° en voor afstanden tot 390 Meters bij bepaling van den afstand, respectievelijk door rechtstreeksche meting en met den afstandmeter, gevonden.

Is een punt reeds in kaart gebracht, en wenscht men het hoogteverschil van dit punt met een ander op de kaart voorkomend punt, waaruit het eerste zichtbaar is, te bepalen, dan mete men den verticalen hoek tusschen beide punten, en zoeke door meting op de kaart den afstand, waarop zij onderling verwijderd zijn; het hoogteverschil $h$ der beide punten zal alsdan, wanneer men wederom den gemeten hoek $\alpha$ en den uit de kaart afgeleiden afstand L noemt, gevonden worden door de formule $h = L \text{ tangens } \alpha$.

In de tafel C bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* in gebruik, zijn de natuurlijke tangenten van 0° tot 45°58′ tot in 4 decimalen gegeven, en behoeft de tangens van den gemeten hoek ontleend aan de tafel, derhalve slechts met den uit de kaart afgeleiden afstand vermenigvuldigd te worden, om het hoogteverschil te vinden.

Daar deze afstanden echter meestal vrij belangrijk zijn, kan men bij de bepaling van het hoogteverschil, het aardoppervlak niet meer als een plat vlak beschouwen, doch dient rekening gehouden te worden met den invloed der *aardkromming* en der *straalbuiging*.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

In vorengenoemde tafel C is, met het oog daarop, een tafel opgenomen voor de *correctie wegens aardkromming en straalbuiging*. Deze tafel bevat den invloed dier beide omstandigheden, uitgedrukt in Meters, en wel voor afstanden beneden de 4000 Meters tot in Decimeters, voor afstanden van 4000 tot 14640 Meters tot in Meters, van laatstgenoemden afstand tot 25000 Meters in vijftallen van Meters, en daarboven tot 60000 Meters in tientallen van Meters, een en ander in verband met de te bereiken nauwkeurigheid bij de berekening der hoogteverschillen, bij meting der verticale hoeken tot in enkele minuten en het daaruit voortvloeiende gebruik van 4 decimalen van den tangens.

Bij *elevatiehoeken* wordt de correctie wegens aardkromming en straalbuiging bij het gevondene hoogteverschil *opgeteld*, bij *depressiehoeken* daarentegen daarvan *afgetrokken*.

Ten einde de vermenigvuldiging van de uit de kaart afgeleide afstanden met den tangens van den gemeten hoek te bespoedigen is een rekenliniaal bij den topographischen dienst in *Nederlandsch-Indië* in gebruik, welke hierna zal worden beschreven.

### *c. Hulpmiddelen bij het berekenen der hoogten.*

#### De rekenliniaal.

§ 232. De *rekenliniaal* is een instrumentje, waarmede kleine berekeningen (vermenigvuldigingen en deelingen) kunnen worden uitgevoerd, bij welke groote nauwkeurigheid geen vereischte is.

§ 233. Het berust op hetzelfde beginsel als de logarithmische berekeningen, namelijk dat de logarithmus van een product gelijk is aan de som der logarithmen van de factoren, en dat de logarithmus van een quotiënt gelijk is aan het verschil der logarithmen van deeltal en deeler. Zet men toch van af een punt O eener rechte lijn (fig. 131) met eene bepaalde waarde O O′ als eenheid, den logarithmus af van een getal $a$, en is deze gelijk aan O P, en vervolgens van af P in dezelfde richting den logarithmus van een getal $b$, P Q, dan is de afstand $O\,Q = O\,P + P\,Q = \log a + \log b = \log a\,b$.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Had men P Q in tegengestelde richting afgezet (fig. 132), dan zou men hebben verkregen O Q = O P — P Q = log $a$ — log $b$ = log $\frac{a}{b}$.

Het bedrag $a\,b$ of $\frac{a}{b}$ zal dadelijk bij het punt $a$ kunnen worden afgelezen, wanneer men langs de rechte lijn eene verdeeling heeft aangebracht, zoodanig, dat de afstand van eenige deelstreep tot het punt O gelijk is aan den logarithmus van het bijgeschreven getal. Is de aangenomen eenheid der verdeeling bijv. 100 mM. (fig. 133) dan komt de deelstreep waarbij het getal 2 is geplaatst op 30,1 mM., die waarbij het getal 3 is geplaatst op 47.7 mM., enz, van de aanvangstreep; bij deze zelve is het getal 1 aangegeven (log 1 = 0), bij de streep op de eenheid van afstand, dus op 100 mM., het getal 10 (log 10 = 1).

De intervallen der getallen kunnen zóó worden gekozen, dat de afstanden der strepen afwisselen tusschen 0.5 en 2 mM.; valt in dat geval het punt Q tusschen twee strepen, dan kan de juiste waarde, gelegen tusschen het voorafgaande en het volgende getal van de verdeeling, door schatting worden bepaald.

Het achtereenvolgens uitzetten van twee afstanden kan zeer gemakkelijk geschieden, wanneer men twee gelijksoortige verdeelingen heeft (fig. 134), een vaste A, en een tweede B, die langs de eerste kan worden verschoven. Om bij deze inrichting het product van twee getallen $a$ en $b$ te bepalen, brengt men de aanvangstreep der verdeeling B tegenover de streep $a$ der verdeeling A, en leest dan tegenover de streep $b$ der verdeeling B, op de verdeeling A onmiddellijk het product $a\,b$ af; in het algemeen staat tegenover een streep $n$ der verdeeling B op de verdeeling A het product $n\,a$.

Om het quotiënt $\frac{a}{b}$ te bepalen, brengt men de streep $b$ der verdeeling B tegenover de streep $a$ der verdeeling A; tegenover de aanvangstreep der verdeeling B leest men dan op A het quotiënt $\frac{a}{b}$ af; in het algemeen staat tegenover een streep $n$ der verdeeling B op de verdeeling A de waarde der uitrukking $\frac{n\,a}{b}$.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

In plaats van de verdeeling B gelijk te maken aan de verdeeling A, kan men de deelstrepen daarop ook plaatsen op afstanden, gelijk aan de logarithmen eener bepaalde functie, bv. log. sin $z$ of log. tang $z$; de bij de strepen geplaatste getallen zijn dan de waarden van het argument $z$. Om in dit geval b.v. het product $a$ sin $z$ te berekenen, brengt men de aanvangstreep der verdeeling B tegenover de streep $a$ der verdeeling A; tegenover het argument $z$ op de verdeeling B, leest men dan op de verdeeling A het product $a$ sin $z$ af.

De te bereiken nauwkeurigheid is afhankelijk van de aangenomen lengteëenheid; hoe grooter deze is, des te juister zijn de verkregen resultaten. Uit een practisch oogpunt mag de schaal een zekere lengte echter niet te boven gaan, men neemt ze niet langer dan 50 cM.

Daar log. $10a = 1 + \log. a$, is het niet noodig, voor het berekenen der producten en quotiënten van getallen, de verdeeling langer te maken dan de aangenomen lengteëenheid; bij de hoofddeelstrepen komen dan de cijfers 1 tot 10.

Zijn de gegeven getallen kleiner dan 1, of grooter dan 10, dan worden zij, door vermenigvuldiging met of deeling door 10 of een veelvoud hiervan, tusschen de gegeven grenzen teruggebracht; de plaats der decimaalkomma in het verkregen resultaat moet dan door berekening uit het hoofd worden bepaald. Heeft men b.v. te vermenigvuldigen 185.6 met 0.273, dan neemt men 1.856 en 2.73 en vindt voor het product hiervan 5.07; dit moet nu worden vermenigvuldigd met 100 en gedeeld door 10, het resultaat is dus 50.7. Uit de gegeven getallen kan men in den regel onmiddellijk zien, hoeveel geheelen het resultaat moet bevatten.

Wanneer de verdeeling niet langer is dan ééne eenheid, kan zich het geval voordoen, dat de deelstreep der verdeeling B, tegenover welke op de verdeeling A moet worden afgelezen, buiten de laatste verdeeling uitsteekt. Wanneer dit geval zich voordoet bij de bepaling van het product $ab$, behoeft men de verdeeling B slechts over haar geheele lengte terug te schuiven, of wat hetzelfde is, de *eindstreep* tegenover de streep $a$ op de verdeeling A te brengen; dit komt overeen met eene deeling van het product door 10 (fig. 135).

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

Doet het geval zich voor bij de bepaling van het quotiënt $\frac{a}{b}$, dan leest men op de verdeeling A, in plaats van tegenover de beginstreep der verdeeling B, tegenover de *eindstreep* af, wat overeenkomt met een vermenigvuldiging van het quotient met 10.

Als de verdeeling B bestemd is voor de vermenigvuldiging met een zekere functie, dan kan het noodig zijn, haar eene lengte van meer dan ééne eenheid te geven.

Zoo zou men b.v. voor sin $z$ eene lengte van drie eenheden noodig hebben, om de argumenten $z$ van 0°4′ tot 90° te kunnen aangeven; men heeft toch:

| | |
|---|---|
| sin 0°4′ = 0.001 | log. = — 3 |
| sin 0°34′ = 0.01 | log. = — 2 |
| sin 5°43′ = 0.1 | log. = — 1 |
| sin 90° = 1 | log. = 0 |

Men kan er echter mede volstaan, de lengte gelijk te nemen aan twee lengteëenheden, en het argument laten aanvangen met 0°34′. Voor kleinere hoeken kan men namelijk gebruik maken van de eigenschap, dat de sinussen nagenoeg evenredig zijn met de hoeken zelve, en dus den sinus nemen van het tienvoud van den hoek. Men heeft toch:

sin 0°34′ = 0.00989
sin 5°40′ = 0.0987

neemt men dus:

sin 0°34′ = 0.1 × sin 5°40′,

dan is de fout slechts ongeveer $\frac{1}{500}$.

Daar verder

tang 5°43′ = 0.1001 is,

kan men voor hoeken kleiner dan 5°43′ den sinus voor den tangens nemen, en dus dezelfde verdeeling bezigen voor de vermenigvuldiging met sin $z$ en met tang $z$.

Voor de vermenigvuldiging met tang $z$, als het argument gelegen is tusschen 5°43′ en 45°, heeft men dan nog slechts één verdeeling B noodig, wier lengte gelijk is aan de aangenomen eenheid. Is het argument grooter dan 45°, dan vervangt men de vermenigvuldiging met tang $z$ door een deeling door tang $(z - 45°)$.



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

De verdeeling B, bestemd voor het berekenen der producten van de gewone getallen, kan ook dienen voor het berekenen van de producten $a \sin z$ en $a \tang z$, als $z$ een kleine hoek is. Men kan dan zoowel den sinus als den tangens door den boog vervangen, en heeft dus, $z$ uitdrukkende in minuten,

$$\sin z = \tang z = \frac{z}{3438}.$$

Het getal $a$ moet dus slechts door 3438 worden gedeeld, en daarna met $z$ worden vermenigvuldigd. Is nu de streep, wier argument 3.438 is, op de verdeeling B aangegeven, dan behoeft deze slechts tegenover de streep $a$ op de verdeeling A te worden gebracht, om tegenover elke streep $z$ der verdeeling B, op de verdeeling A onmiddellijk het product

$$a \text{ boog } z = a \sin z = a \tang z$$

af te lezen, waarbij men de plaats van de decimaalkomma weêr uit het hoofd moet bepalen.

Bij dezelfde rekenliniaal behooren in den regel meerdere verdeelingen B, aangebracht op een schuif; deze past in een gleuf, welke in het bovenvlak der eigenlijke liniaal is aangebracht; op deze laatste heeft men dan twee verdeelingen A, één aan den boven- en één aan den benedenkant der gleuf, en op de schuif vier verdeelingen B, namelijk aan weerszijden twee.

Over de liniaal is bovendien een looper verschuifbaar; deze is voorzien van twee tongen, boven het midden der voegen tusschen liniaal en schuif, die de deelstrepen gedeeltelijk bedekken, en wier uiteinden gelegen zijn in een loodlijn op de lengterichting der liniaal. Die looper is van groot gemak bij het interpoleeren; bij het vermenigvuldigen b.v. brengt men, nadat het beginpunt van de verdeeling B der schuif tegenover de aflezing $a$ van de verdeeling A der liniaal is geschoven, het uiteinde der tong op de naar schatting juiste plaats tusschen twee deelstrepen der verdeeling B, behoorende bij het getal $b$; de plaats van dat uiteinde, geschat tusschen de voorafgaande en de volgende deelstreep der verdeeling A, geeft het gezochte product $ab$.

§ 234. Een zeer handig instrumentje is de rekenliniaal van *Dennert* en *Pape* in *Altona* (fig. 136 $^{a \text{ en } b}$); deze is, evenals de schuif, vervaardigd van gevernist hout; de verdeelingen zijn

aangebracht op celluloïd, de strepen zijn zwart en zeer duidelijk, de looper is van koper.

Van de verdeelingen op de liniaal, die beide betrekking hebben op de gewone getallen, is de bovenste $A_1$ (fig. 136[a]) verdeeld met 125 mM. als lengteëenheid; zij bestaat uit twee gelijksoortige verdeelingen naast elkaar, een linker en een rechter verdeeling; de onderste $A_2$ heeft als lengteëenheid 250 mM.

Met elk getal $a_1$ op de verdeeling $A_1$, correspondeert dus een getal $a_2$ der verdeeling $A_2$ zoodanig dat $a_2^2 = a_1$, want: log. $a_1 = 2$ log. $a_2$, dus is ook $a_2 = \sqrt{a_1}$.

Alleen met behulp van den looper, vindt men dus onmiddellijk de kwadraten en de vierkantswortels der getallen.

De schuif heeft aan hare eene zijde aan den bovenkant eene verdeeling $B_1$, overeenkomende met $A_1$, en aan den onderkant eene verdeeling $B_2$, overeenkomende met $A_2$; de laatste, als hebbende de grootste lengteëenheid, is het meest geschikt voor de berekening van producten en quotiënten der gewone getallen.

Aan de andere zijde (fig. 136[b]) heeft de schuif aan den bovenkant eene verdeeling $B'_1$, betrekking hebbende op $\sin z$, voor waarden van het argument $z$ van 0°34′ tot 90°; aan den onderkant heeft men eene verdeeling $B'_2$, betrekking hebbende op tang $z$, voor waarden van het argument $z$ van 5°43′ tot 45°. Beide verdeelingen zijn ter voorkoming van vergissing door de letters S en T van elkander onderscheiden.

§ 235. Het vlug gebruik der rekenliniaal kost natuurlijk oefening, en de bepaling van de plaats der decimaalkomma eenig nadenken. De te bereiken nauwkeurigheid kan op ongeveer $\frac{1}{600}$ worden gesteld.

Vooral voor het berekenen van hoogteverschillen uit horizontale afstanden, bepaald op de kaart, en gemeten verticale hoeken, zooals voorkomt bij punten, die door peilingen zijn vastgelegd, of bij het controleeren van het door de opnemers geleverde werk, geeft het gebruik van het instrumentje aanzienlijke tijdsbesparing, terwijl de verkregen nauwkeurigheid meer dan voldoende is. Van de verschillende gevallen, die zich hierbij kunnen voordoen, volgen hierachter voorbeelden.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

*Voorbeeld* 1 (fig. 137).

Horizontale afstand, gemeten op de kaart, 5316 Meter, hellingshoek 0°24′.

Als argument wordt genomen

$$10 \times 24' = 240' = 4°0'$$

Het beginpunt van verdeeling $B_1'$ der schuif wordt gebracht tusschen de strepen 5.30 en 5.40 van de linker verdeeling $A_1$ der liniaal, op 0.2 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd (de aflezing 5.32 wordt genomen in plaats van 5.316). De streep 4°0′ van verdeeling $B_1'$ valt dan tusschen streep 3.70 en 3.75 der rechter verdeeling $A_1$, op 0.2 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd; de aflezing is dus 3.71.

Daar tang. 0°24′ gelegen is tusschen 0.001 en 0.01, is het hoogteverschil gelegen tusschen 5.3 en 53.2 Meter; het kan dus niet anders bedragen als 37.1 Meter.

Logarithmische berekening geeft hetzelfde.

*Voorbeeld* 2 (fig. 138).

Horizontale afstand, gemeten op de kaart, 3566 Meter; hellingshoek 2°18′.

Het beginpunt van verdeeling $B_1'$ der schuif wordt gebracht tusschen de strepen 3.55 en 3.60 van de linker verdeeling $A_1$ der liniaal, op 0.3 van het interval van de eerste streep verwijderd.

Het uiteinde der tong van den looper wordt gebracht tusschen de strepen 2°15′ en 2°20′ van verdeeling $B_1'$ der schuif, op 0.6 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd. Dat uiteinde valt dan tusschen de strepen 1.42 en 1.44 van de rechterverdeeling $A_1$ der liniaal, op 0.5 van het interval van beide strepen verwijderd; de aflezing is dus 1.43.

Daar tang 2°18′ is gelegen tusschen 0.01 en 0.1, is het hoogteverschil gelegen tusschen 35.7 en 356.6 Meter; het bedraagt dus 143.0 Meter.

Logarithmische berekening geeft 143.2 Meter.

*Voorbeeld* 3 (fig. 139).

Horizontale afstand, gemeten op de kaart, 1728 Meter; hellingshoek 7°48′.

Het beginpunt der verdeeling $B_2'$ der schuif wordt gebracht

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

tusschen de strepen 1.72 en 1.73 van verdeeling $A_2$ der liniaal, op 0.8 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd.

Het uiteinde der tong van den looper wordt gebracht tusschen de strepen 7°45′ en 7°50′ van verdeeling $B_2'$ der schuif, op 0.6 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd. Dat uiteinde valt dan tusschen de strepen 2.36 en 2.38 van verdeeling $A_2$ der liniaal, op 0.4 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd; de aflezing is dus 2.368.

Daar tang. 7°48′ gelegen is tusschen 0.1 en 1, is het hoogteverschil gelegen tusschen 172.8 en 1728 Meter; het bedraagt dus 236.8 Meter.

Logarithmische berekening geeft 236.7 Meter.

*Voorbeeld* 4 (fig. 140).

Horizontale afstand, gemeten op de kaart, 648 Meter; hellingshoek 10°24′.

Bezigt men thans het beginpunt van verdeeling $B_2'$ der schuif, dan valt de aflezing bij een buiten de liniaal gelegen punt; daarom wordt het eindpunt dier verdeeling gebracht tusschen de deelstrepen 6.45 en 6.50 van verdeeling $A_2$ der liniaal, op 0.6 van het interval van de eerstgenoemde streep verwijderd.

Het uiteinde der tong van den looper wordt gebracht tusschen de strepen 10°20′ en 10°25′ van verdeeling $B_2'$ der schuif, op 0.8 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd. Dat uiteinde valt dan op de streep 1.19 van verdeeling $A_2$.

Daar tang. 10°24′ is gelegen tusschen 0.1 en 1, is het hoogteverschil gelegen tusschen 64.8 en 648 Meter, het bedraagt dus 119.0 Meter.

Logarithmische berekening geeft hetzelfde.

*Voorbeeld* 5.

Horizontale afstand, gemeten op de kaart, 12355 Meter; hellingshoek 0°52′.

Het beginpunt der verdeeling $B_2'$ der schuif (fig. 141[a]) wordt gebracht tusschen de strepen 1.22 en 1.24 van verdeeling $A_1$ der liniaal, op 0.8 van het interval van eerstgenoemde

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

streep verwijderd. Het uiteinde der tong van den looper wordt gebracht tusschen de strepen 50′ en 55′ van verdeeling $B'_1$ der schuif, op 0.4 van het interval van eerstgenoemde streep verwijderd.

Dat uiteinde valt dan op de streep 1.86 van verdeeling $A_1$ der liniaal; de aflezing is dus 1.860.

Daar tang 0°52′ gelegen is tusschen 0.01 en 0.1, is het hoogteverschil gelegen tusschen 123.55 en 1235.5; het bedraagt dus 186.0 Meter.

Logarithmische berekening geeft 186.5 Meter.

Maakt men voor de uitvoering van deze berekening gebruik van de streep op de verdeeling $B_1$ der schuif, die voorzien is van het teeken ′ en wier argument 3.438 is, dan is de verkregen uitkomst nog iets nauwkeuriger. Men brengt daartoe (fig. 141[b]) die streep tusschen de strepen 1.22 en 1.24 van de verdeeling $A_1$ der liniaal, op 0.8 van het interval van de eerstgenoemde streep verwijderd.

Tegenover de streep 5.2 der verdeeling $B_1$ der schuif wordt dan op de liniaal afgelezen 1.864; voor het gezochte hoogteverschil wordt dus gevonden 186.4 Meter.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

## GERAADPLEEGDE BRONNEN.

Bij de indeeling dezer handleiding heeft voornamelijk het bekende werk van CARL MAX VON BAUERNFEIND „Elementen der Vermessungskunde, ein Lehrbuch der technischen Geometrie" tot leiddraad gediend, terwijl bij de samenstelling van den inhoud, behalve dit, nog verscheidene andere leerboeken der geodesie en der natuurkunde geraadpleegd zijn, als:

DR. G. CH. K. HUNÄUS. Die geometrischen Instrumente der gesammten practischen Geometrie, deren Theorie, Beschreibung und Gebrauch. *Hannover*, CARL RUMPLER 1864.

E. BERTRAND. Traité de topographie et de reconnaissances militaires. *Paris*, Librairie militaire de J. DUMAINE 1872.

G. A. VAN KERKWIJK. Geodesie voor de kadetten van alle wapenen, 3e herziene druk. *Breda*, ter drukkerij van BROESE EN COMP. 1855.

CH. M. SCHOLS. Landmeten en waterpassen, 4e druk. Te *Breda* ter stoomdrukkerij van K. G. OUKOOP 1890.

O. GLEUNS. Archief voor het kadaster, 1e Jaargang. Afleveringen 1 en 2. Te *Groningen* bij J. B. WOLTERS 1874.

Die Terrainlehre, Terraindarstellung und das militairische Aufnehmen, mit berucksichtigung der für den Unterricht auf den Konigl. Kriegsschulen herausgegebenen genetischen Skizzen, etc., sowie der neuesten Bestimmungen des Königl. Generalstabes bearbeitet. Vierte sehr verbesserte Auflage. *Potsdam* 1876. Verlag von A. STEIN, Wilhelmspl. 15.

W. WENKEBACH. Natuurkundige stellingen voor de kadetten van alle wapenen. Vierde zeer vermeerderde en omgewerkte druk. *Breda*, ter drukkerij van BROESE EN COMP. 1858.

DR. J. BOSSCHA. Leerboek der natuurkunde en van hare voornaamste toepassingen. 3e Druk. Te *Leiden*, bij A. W. SIJTHOFF 1879.

DR. W. JORDAN. Handbuch der Vermessungskunde, *Stuttgart* 1877. Verlag der J. B. NETZLERSCHEN Buchhandlung.

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

# VERBETERINGEN EN BIJVOEGINGEN.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bl. | 8 | 4e | regel | v.o. | staat: | drukschroef. . . . . | lees: drukschroef D′. |
| „ | 17 | 12e | „ | v.b. | „ | meetstaaf. . . . . | „ meetstaaf M E. |
| „ | 17 | 17e | „ | v.b. | „ | nonius . . . . . | „ nonius N O. |
| „ | 18 | 6e | „ | v.b. | „ | verwijder dis. . . . . | „ verwijderd is. |
| „ | 19 | 1e | „ | v.b. | „ | nonius . . . . . | „ nonius N O. |
| „ | 19 | 2e | „ | v.b. | „ | meetstaaf. . . . . | „ meetstaaf M E. |
| „ | 26 | 17e | „ | v.b. | „ | elleboog $e$ . . . . . | „ elleboog $e'$. |
| „ | 29 | 8e | „ | v.b. | „ | dat. . . . . | „ dan. |
| „ | 46 | 14e | „ | v.o. | „ | R negatief en $<$ R′. . . | „ R′ negatief en $<$ R. |
| „ | 46 | 10e | „ | v.o. | „ | $\frac{1}{f}=-(m-1)\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R'}\right)$ | |
| | | | | | | lees: $\frac{1}{f}=(m-1)\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R'}\right)$ | |
| „ | 65 | 11e | „ | v.o. | staat: | $d=\frac{2}{3}(q+r)$, . . . . . | lees: $d=\frac{3}{3}(q+r)$. |
| „ | 65 | 7e | „ | v.o. | „ | A″B″ . . . . . | „ A‴B‴. |
| „ | 71 | 7e | „ | v.b. | „ | (§ 59). . . . . | „ (§ 96). |
| „ | 71 | 10e | „ | v.o. | „ | is . . . . . | „ as. |
| „ | 79 | 13e en 14e | „ | v.o. | „ | scherpje . . . . . | „ schermpje. |
| „ | 108 | 19e | „ | v.b. | „ | of. . . . . | „ af. |
| „ | 111 | 10e | „ | v.b. | „ | afgebakend . . . . . | „ afgebakende. |
| „ | 114 | 13e | „ | v.b. | „ | echter . . . . . | „ echter. |
| „ | 132 | 6e | „ | v.o. | „ | hoekpunt . . . . . | „ punt. |
| „ | 138 | 17e | „ | v.o. | „ | om. . . . . | „ in. |
| „ | 143 | 18e | „ | v.o. | „ | § 159. . . . . | „ § 149. |
| „ | 154 | 16e | „ | v.o. | „ | § 169. . . . . | „ § 168. |
| „ | 157 | 9e | „ | v.o. | „ | § 169. . . . . | „ § 168. |
| „ | 164 | 12e | „ | v.b. | „ | magneetnaal . . . . . | „ magneetnaald. |
| „ | 183 | 5e | „ | v.b. | „ | schroejes. . . . . | „ schroefjes. |
| „ | 192 | 18e | „ | v.b. | „ | speken. . . . . | „ speeken. |
| „ | 196 | 13e | „ | v.o. | „ | middelpunt. . . . . | „ nulpunt. |
| „ | 213 | 2e | „ | v.b. | „ | beide horizontale draden. | „ beide uiterste horizontale draden. |

PERPUSTAKAAN NASIONAL

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bl. 215 | 18e | regel | v.o. | staat: | drieheek . . . . . | „ | driehoek. |
| „ 229 | 14e | „ | v.o. | „ | armen $d$ en $d'$. . . . . | „ | armen D en D'. |
| „ 231 | 9e | „ | v.b. | „ | schroef $x$. . . . . | „ | schroef $a$. |
| „ 232 | 6e | „ | v.o. | „ | Througton en Sims. . . . | „ | Troughton en Sims. |
| „ 246 | 10e | „ | v.b. | „ | $c\,c$. . . . . | „ | $e\,e$. |

„ 251 in de tabel, rubriek $h$ = 1.2, 2e regel v.o. staat: 0.53 lees: 0.63.

„ 252 6e regel v.o. staat: $h\,t - H_o = h\,t\frac{\alpha\,t - \beta\,T}{1 + t}$

lees: $h\,t - H_o = h\,t\,\frac{\alpha\,t - \beta\,T}{1 + \alpha\,t}V$.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| „ 263 | 10e | regel | v.b. | staat: | thermometer $q\,q$. . . . . | lees: | thermometer $g\,g$. |
| „ 264 | 17e | „ | v.b. | „ | $AA^{mM.} - 760^{mM.}$ . . . . . | „ | $A^{mM.} - 760^{mM.}$ |
| „ 270 | 7e | „ | v.b. | „ | 25.000 Meters. . . . . | „ | 26.500 Meters. |

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA