

G. Verploegh

Verslag van een  
onderzoek naar de juistheid van de luchtdrukwaarnemingen  
op het lichtschip Terschellingerbank

551.54 (26)

Doel.

Bij de analyse van de 3-uurlijkse weerkaarten was het opgevallen dat de opgegeven waarde van de luchtdruk op het l.s. "Terschellingerbank" (station 245) in het algemeen lager was dan zou moeten worden aangenomen op grond van de gegevens van nabijgelegen kuststations, en wel voornamelijk in vergelijking met de luchtdrukwaarde op Terschelling Gonio (station 250). De waarnemingen van de drie andere lichtschepen gaven geen aanleiding tot een twijfel omtrent de juistheid ervan. Een nader onderzoek van de luchtdrukmeting op de "Terschellingerbank" bleek dus wenselijk.

Uitvoering.

Bij een controle van de barometeraanwijzingen op het lichtschip dienen de volgende mogelijkheden onderzocht te worden.

- a) Bezit de kwikbarometer een instrumentele fout?

Dit is te onderzoeken door de gecorrigeerde aflezingen regelmatig te vergelijken met de aanwijzingen van een aneroïde-barometer, die naast de kwikbarometer staat opgesteld.

- b) Bestaat er een onderdruk in de radiohut (waar de barometer hangt), als gevolg van het feit dat in de regel een deur aan lij is geopend? Dit is te onderzoeken door onmiddellijk na de bovengenoemde aflezingen de aneroïde op een plaats buiten de radiohut (bijv. aan dek) opnieuw af te lezen.

Voor de uitvoering van dit programma is op 6 augustus 1958 een aneroïde aan boord gebracht en aan de gezagvoerder de volgende instructie meegegeven.

1. Na de aflezing van de kwikbarometer de aneroïde af te lezen op een plaats vlak naast de eerste. In dezelfde wand in de radiohut, waaraan de kwikbarometer hangt, zijn voor dit doel enige haken geslagen ten behoeve van een "slingervaste" opstelling van de aneroïde.
2. Vervolgens de aneroïde op dek af te lezen. Voor dit doel zijn achter op het schip aan de S.B.'s wand van de kajuit enige haken aangebracht ter ophanging van de aneroïde.

3. In een apart voor dit onderzoek meegegeven dagboek de volgende waarnemingen te noteren.

- Gecorrigeerde stand van de kwikbarometer
- Aflezing van de aneroïde in de radiohut
- Aflezing van de aneroïde aan dek
- Windkracht in Beaufort
- Windrichting in 10-tallen graden
- Voorliggende koers in 10-tallen graden.

Voor dat de waarnemingen een aanvang namen, werd de aneroïde (fabrieksnummer Fuess, B 2582, KNMI. no. 01-04-004-27) aan boord geijkt met een Paulin - reisbarometer (KNMI no. 01-04-004-44). Deze laatste was de dag tevoren op het Instituut geijkt.

De kwikbarometer droeg het kenteken KNMI no. 232.

De waarnemingen begonnen 6 augustus 1958, 1500 uur G.M.T. en eindigden 33 dagen later, op 7 september 2100 uur G.M.T.

Bewerking van de waarnemingen.

Voor elke windkracht Beaufort werd berekend:

- 1 - het gemiddelde verschil: aneroïde aan dek (Ad) - kwikbarometer (K),  $\Delta p = Ad - K$ .  
- de variantie van dit gemiddelde  $\sigma(\Delta p)$ .
- 2 - het gemiddelde verschil: aneroïde aan dek (Ad) - aneroïde in radiohut (Ar) :  $Ad - Ar$ .
- 3 - het gemiddelde verschil  $Ar - K$ , bij toenemende wind, afnemende wind, en bij een wind die gedurende 6 uren vóór de waarneming constant was gebleven.

Tabel 1.

Drukverschillen in 1/100 mb.

| Beaufort:          | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | over<br>totaal |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| Ad - K             | +18 | +18 | +39 | +32 | +44 | +61 | +90 | +39            |
| $\sigma(\Delta p)$ | 16  | 9   | 7   | 4   | 7   | 15  | 52  |                |
| N (aantal)         | 6   | 25  | 34  | 100 | 70  | 20  | 4   | 259            |
| Ad - Ar            | - 7 | - 8 | - 6 | - 4 | - 3 | - 8 | - 5 | - 5            |

**Tabel 2.** Drukverschillen ( $A_r - K$ ) in 1/100 mb bij toenemende wind ( $W^+$ ), afnemende ( $W^-$ ) en constante wind ( $W_0$ ) N = aantal waarnemingen.

| Beaufort      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | totaal |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| bij $W^+$     |     | +25 | +39 | +36 | +40 | +66 | +90 | +43    |
| $N^+$         |     | 2   | 5   | 18  | 19  | 8   | 2   | 54     |
| bij $W^-$     | +25 | +38 | +41 | +32 | +70 | +80 | -   | +41    |
| $N^-$         | 4   | 10  | 14  | 18  | 6   | 2   | -   | 54     |
| bij $W_0$     | +10 | +23 | +46 | +38 | +53 | +70 | -   | +44    |
| $N_0$         | 1   | 7   | 5   | 43  | 25  | 6   | -   | 87     |
| alle gevallen | +25 | +26 | +45 | +36 | +47 | +69 | +95 | +44    |
| N             | 6   | 25  | 34  | 100 | 70  | 20  | 4   | 259    |

Het verschil tussen de beide aneroïde-aflezingen (in radiohut en aan dek) blijkt onafhankelijk van de windkracht te zijn en gemiddeld 0,05 mb te bedragen. Een nader onderzoek bracht aan het licht dat ook de windrichting er geen invloed op uitoefende.

**Tabel 3.**

Het drukverschil  $A_r - A_d$  (in mb) gerangschikt naar de invalshoek van de wind.

windkracht 1 - 3

| invalshoek  | stuurboord |          |           | bakboord |          |           |
|-------------|------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
|             | 0°-45°     | 45°-135° | 135°-180° | 0-45°    | 45°-135° | 135°-180° |
| $A_r - A_d$ | +0,04      | +0,05    | +0,07     | +0,06    | +0,06    | +0,14     |
| aantal      | 41         | 25       | 7         | 34       | 44       | 7         |

windkracht 4 - 6

| invalshoek  | stuurboord |          | bakboord |          |
|-------------|------------|----------|----------|----------|
|             | 0°-45°     | 45°-135° | 0°-45°   | 45°-135° |
| $A_r - A_d$ | +0,04      | +0,03    | +0,04    | -0,02    |
| aantal      | 36         | 4        | 31       | 24       |

De standaardafwijking van één drukverschil t.o.v. het algemeen gemiddelde van +0,05 mb bedraagt 0,18 mb.

Voorts hing de aneroïde op beide meetplaatsen praktisch even hoog (op 10 cm nauwkeurig geschat). We mogen hieruit afleiden dat dit systematisch verschil niet als oorzaak heeft dat de luchtdruk op de twee meetplaatsen een verschillende waarde zou hebben. Als mogelijke en zeker niet onwaarschijnlijke verklaring blijft over het verschil te wijten aan een afrondingseffect.

Dit onderzoek was voor de waarnemers ongewoon en zij wilden daarom ook niet de schijn wekken van onnauwkeurig te zijn bij het aflezen. Dat zij de aneroïde aflazen met meer dan gewone nauwkeurigheid, zou kunnen blijken uit het feit, dat op beide meetplaatsen het aantal aflezingen in even decimalen slechts 2 resp. 4 % groter was dan het aantal met oneven decimalen. Normaal wordt uit routine-waarnemingen voor dit exces een bedrag ter grootte van ca. 10% gevonden. Een dergelijke "hulpvaardige" goedstoestand, waarbij de waarnemer weet waarom het gaat, kan leiden tot overdrijving, d.w.z. de neiging kan bestaan waargenomen kleine verschillen aan te dikken of zelfs niet waar te nemen verschillen te creëren door bij de ene aflezing anders af te ronden dan bij de andere. Daar de aneroïde in de radihut steeds een hoger bedrag aanwees dan de gecorrigeerde stand van de kwikbarometer, zou een dergelijke neiging hier neerkomen op de onbewuste handelwijze, deze aanwijzing van de aneroïde vaker naar boven af te ronden dan de onmiddellijk erop volgende aflezing van de aneroïde aan dek.

De drukverschillen ( $A_R - K$ ) blijken gemiddeld te voldoen aan de betrekking:

$$A_R - K = (0,2 + 0,08 W) \text{ mb} \quad W = \text{windkracht Beaufort.}$$

Behalve een vaste systematische fout van de kwikbarometer van -0,2 mb blijkt de kwikspiegel een verlaging t.o.v. de aneroïde te ondergaan, die bij hogere windkrachten sterker wordt. Er zijn drie mogelijkheden te bedenken waarbij de windkracht invloed kan uitoefenen op de barometerstand aan boord.

a. Door verticale versnellingen.

1. Door het optreden van middelpuntvliedende versnellingen bij slingering.

De kwikbarometer is cardanisch opgehangen in een punt boven het zwaartepunt. Onregelmatige stamp- en slingerbewegingen van het schip - welke bewegingen in sterkte met de windkracht toenemen - kunnen, wanneer zij stootsgewijs optreden, een lichte slingering van de barometer veroorzaken. Zo dit al het geval geweest is, dan is toch niet in te zien hoe dit een verlaging van de kwikspiegel tot gevolg kan hebben; een afzonderlijk proefje hieromtrent liet eerder een verhoging zien. Dit effect kan dus niet als oorzaak van de verlaging van de kwikspiegel worden aangezien.

2. Als gevolg van het op en neer gaan van het schip op de golven.

Dit effect veroorzaakt het zgn. pompen van de barometer, waarbij het kwik in de buis een vrij snel opeenvolgende stijgende en dalende beweging uitvoert. Een verlaging van de gemiddelde stand van de kwikspiegel zou hierbij alleen kunnen optreden wanneer het kwik bij de stijgende beweging een grotere vertraging ondervindt dan bij de daling. Een dergelijk effect zou dan moeten samenhangen met een mogelijk verschil in de stromings-toestand van het kwik in de monding van de buis in de bak bij instroming, resp. uitstroming.

b. Door drukfluctuaties

In de radiohut, die in de regel aan lij met de buitenlucht in verbinding staat (zie situatieschets), zullen windvlagen een vrij plotse-ling inzettende onderdruk teweeg kunnen brengen, waarna de druk geleidelijk weer oploopt. Bij een hogere windkracht zijn de windfluctuaties groter en als gevolg hiervan ook de asymetrische drukfluctuaties in de hut. Op grond van de aneroïde-waarnemingen valt af te leiden dat er gemiddeld geen onderdruk in de hut heerst t.o.v. de buitenlucht. Uit de vergelijking van de afmetingen van de aneroïde in de radiohut en aan dek kunnen we verder af-leiden dat de windfluctuaties gemiddeld geen invloed hebben op de even-wichtsstand van de wijzernaald, gezien het feit, dat het verschil tussen de beide aflezingen niet afhangt van de windkracht en de invalshoek van de wind.

De drukfluctuaties veroorzaken eveneens een pompen van de kwik-barometer; zij zijn echter veel onregelmatiger en in het algemeen korter van duur dan de op en neergaande bewegingen van het schip, dat alleen op de langere golven (vooral deining) reageert. Welke van de twee "pompeffecten" de belangrijkste bijdrage tot de gemiddelde verlaging van de kwikspiegel levert, is voorshands niet te zeggen.

Als gemiddelde correctie  $(\Delta p)_c$  op de aanwijzingen van de kwikbarometer is op te geven:

$$(\Delta p)_c = + 0,2 + 0,08 W \text{ mb} \dots\dots\dots(1)$$

W = windkracht Beaufort.

Vergelijking met het kuststation Terschelling Gonio.

De systematische afwijking van de routine luchtdrukwaarnemingen op het l.s. "Terschellingerbank" t.o.v. de aneroïde-aflezingen blijkt samen-gesteld te zijn uit een vaste fout van -0,2 mb en een afwijking, welke vermoedelijk in verband staat met het pompen van de kwikbarometer en die met toenemende windkracht groter wordt. Bij de meest voorkomende windkrachten (3 à 4 Bft) bedraagt de totale afwijking -0,4 à -0,5 mb.

Op grond van de weerkaartanalyses was echter een groter bedrag voor deze "fout" verwacht en wel voornamelijk op grond van de vaak optredende, onverwacht grote drukverschillen van dit lichtschip met het station Terschelling Gonio. Hoewel een weerkaartanalyse voor dit randgebied geen bindende uitspraken kan opleveren omtrent het al of niet foutief zijn van drukwaarnemingen, is op grond van enige nauwkeurige analyses het vermoeden gerezen dat het genoemde kuststation eveneens een foutieve luchtdruk opgeeft, en wel een te hoge waarde, gezien de soms onwaarschijnlijk aandoende drukverschillen tussen dit station en andere landstations in de omgeving.

Deze suggestie is nader onderzocht door de drukverschillen op te maken tussen de aanwijzingen van de aneroïde op het lichtschip (radiohut) en de opgegeven waarden van het kuststation, in die situaties waarbij de windrichting op het lichtschip viel tussen  $200^{\circ}$  -  $270^{\circ}$  en  $20^{\circ}$  -  $90^{\circ}$ . In het eerste geval staat de luchtdrukgradient tussen de beide plaatsen gemiddeld tegengesteld gericht aan die in het tweede en in beide gevallen gemiddeld evenwijdig aan de verbindingslijn tussen de beide stations. Figuur 2 geeft een grafische voorstelling van de gemiddelde drukverschillen bij de verschillende windkrachten, zoals deze in de volgende tabel tot uitdrukking komen.

Tabel 4. Drukverschillen T. Gonio - l.s. "Terschellingerbank" in 1/100 mb.

| Beaufort   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    |   |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---|
| Vg         | 0   | 2.3 | 5.4 | 8.5 | 11.8 | 15.5 |      | } windrichting<br>} $200^{\circ}$ - $270^{\circ}$ |
| $\Delta P$ | +57 | +39 | +55 | +55 | +60  | +72  |      |   |
| N          | 6   | 9   | 8   | 32  | 30   | 4    |      |   |
| Vg         |     | 2.3 | 5.1 | 8.6 | 12.6 | 16.2 | 19.7 | } windrichting<br>} $020^{\circ}$ - $090^{\circ}$ |
| $\Delta P$ |     | +43 | +23 | +41 | -36  | -10  | -23  |   |
| N          |     | 3   | 4   | 8   | 5    | 7    | 4    |   |

Vg = geostrofische windsnelheid in m/sec, afgeleid uit de windkracht via de nederlandse equivalentie - tabel en met toepassing van de, bij het betrokken gemiddelde verschil lucht-zeetemperatuur behorende wrijvingsfactor.

N = aantal waarnemingen.

Volgens de methode van de kleinste kwadraten en met inachtneming van de aantallen waarnemingen volgt voor de gemiddelde lineaire betrekking van  $\Delta p$  op Vg:

$$\Delta P = (0.025 Vg + 0.35) \text{ mb} \dots\dots\dots (2)$$

Volgens de geostrofische windformule zou voor deze situaties gelden:

$$\Delta p = 0.023 Vg \text{ mb} \dots\dots\dots (3)$$

Deze verificatie toont aan, dat de door (2) gegeven betrekking ondanks het geringe aantal waarnemingen voldoende betrouwbaar genoemd mag worden.

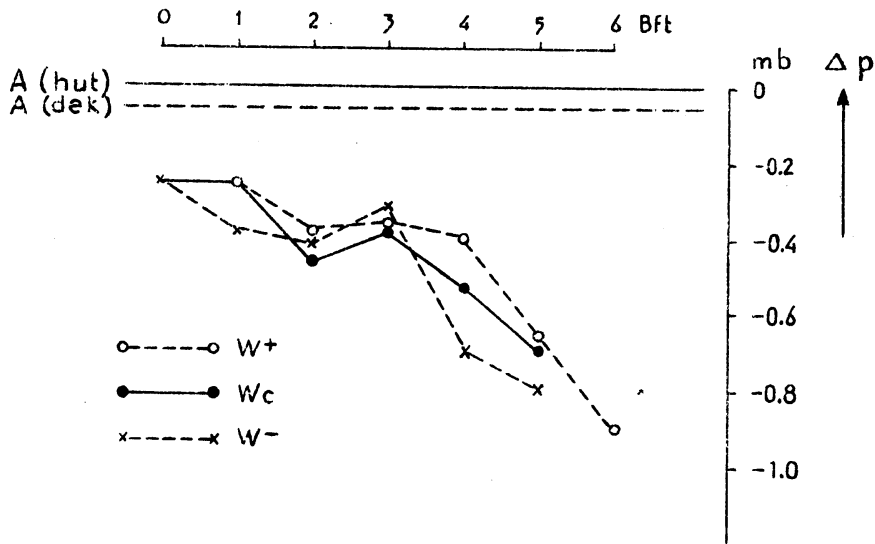
Met betrekking tot de vaste, niet van de weersomstandigheden afhankelijke systematische verschillen is dus gevonden: vaste afwijking van de scheepskwikbarometer t.o.v. de aneroïde in de radiohut: -0,2 mb; afwijking van de barometer op Terschelling Gonio t.o.v. de aneroïde in radiohut: +0,35 mb.

Hieruit volgt: afwijking van de scheepskwikbarometer t.o.v. de barometer op Terschelling Gonio is -0,55 mb, bij windkracht 3 à 4 Bft. oplopend tot -0,8 à 0,9 mb.

Welke barometer is nu, absoluut genomen, juist? Op grond van de weerkaartanalyses zouden we geneigd zijn de aneroïde als juist aan te nemen. Echter is op 1 oktober jl. bekend geworden, dat de standaard barometer op het K.N.M.I., waarmee de aneroïde is geijkt, een halve millibar te laag aanwijst. Nemen we nu aan dat bij de ijking van de aneroïde de standaard ook al 0,5 mb te laag aanwees, dan zou hieruit volgen, dat de barometer op Terschelling Gonio gemiddeld 0,15 te laag aanwijst en de scheepskwikbarometer 0,7 mb te laag (bij windstilte). Deze laatste conclusie is te preferen boven de onzekere gevolgtrekkingen op grond van weerkaartanalyses.

Conclusies.

1. Op het lichtschip "Terschellingerbank" heeft de kwikbarometer no. 232 een tot nu toe niet in rekening gebrachte extra indexfout van -0,7 mb.
2. Vermoedelijk als gevolg van het pompen vertoont deze barometer een verlaging van de kwikspiegel, die gemiddeld 0,08 W mb bedraagt (W = windkracht Beaufort).
3. Voor het kuststation Terschelling Gonio is geen reden om aan te nemen dat de barometer aldaar te hoog zou aanwijzen.



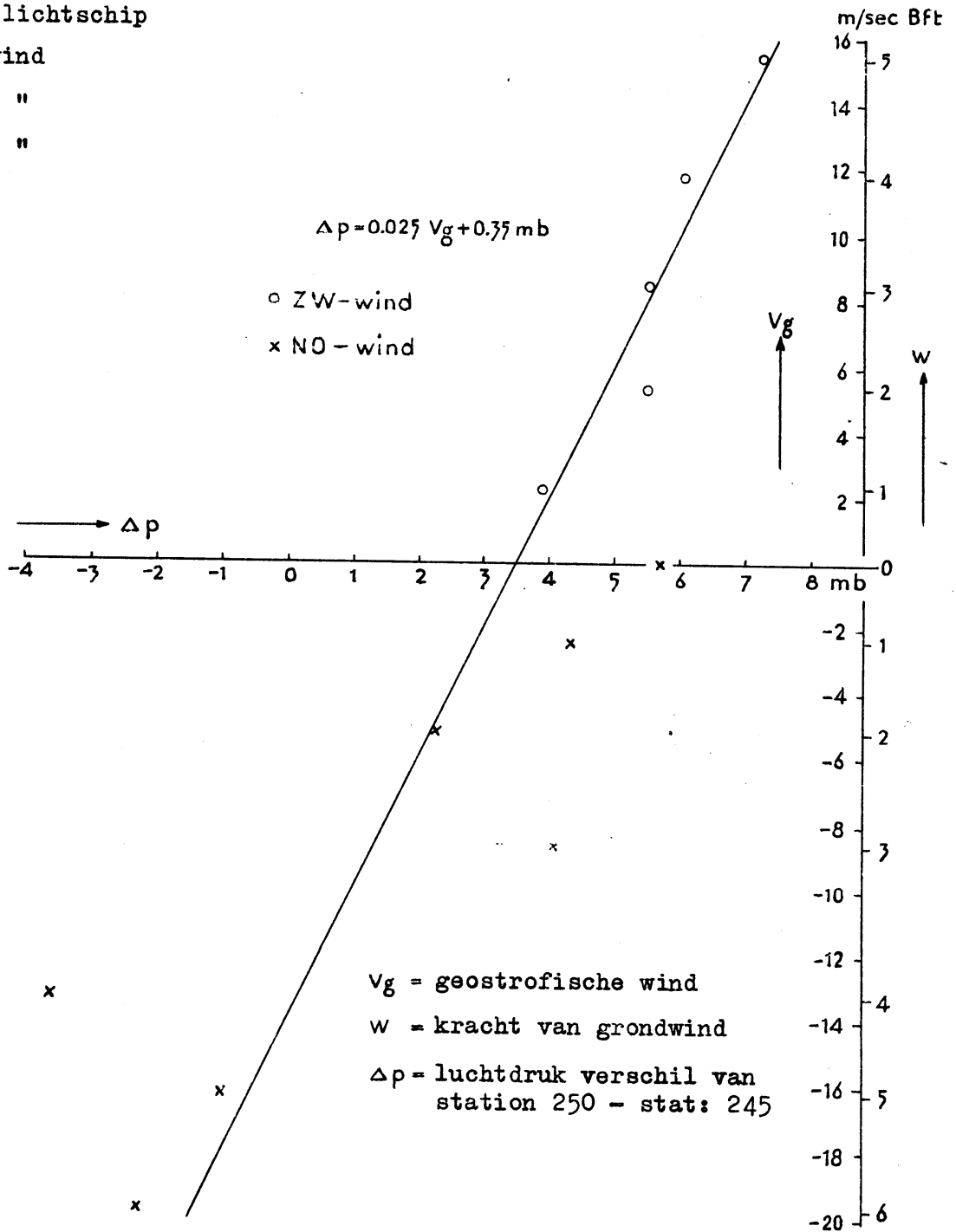
figuur I

Druk verschil kwikbar. - aneroïde  
in radiohut van lichtschip

w<sup>-</sup> = afnemende wind

w<sup>+</sup> = toenemende "

w<sub>c</sub> = constante "



figuur II

$V_g$  = geostrofische wind

w = kracht van grondwind

$\Delta p$  = luchtdruk verschil van  
station 250 - stat: 245

# Situatieschets

