KONINKLIJK NEDERLANDSCH METEOROLOGISCH INSTITUUT

N°. 102.

MEDEDEELINGEN EN VERHANDELINGEN.

38.

W. Bleeker. De gemiddelde hoogtewind boven De Bilt volgens loodsballonwaarnemingen (1922—1931).

W. Bleeker. Der mittlere Höhenwind von De Bilt nach Pilotballonbeobachtungen (1922—1931).

DE GEMIDDELDE HOOGTEWIND BOVEN DE BILT VOLGENS LOODSBALLONWAARNEMINGEN (1922—1931).

INHOUD.

Bladz.

Inleiding 1

HOOFDSTUK I.

De oorzaken van de windsnelheids- en windrichtingsverandering met de hoogte. 3
Beweging zonder wrijving 3
Beweging met wrijving 5

HOOFDSTUK II.

Het waarnemingsmateriaal 11

HOOFDSTUK III.

De bewerkingsmethode. 15

HOOFDSTUK IV.

Eenige beschouwingen over de verschilmethode 20

HOOFDSTUK V.

De windsnelheid, *V*, op verschillende hoogten in de atmosfeer. 34
Jaarlijksche gang, vergelijking van morgen- en middagwaarden . . 35
De windsnelheidsverandering met de hoogte beneden 1000 m; wrijving en turbulentie 42
De snelheidsverandering boven 1000 m in jaargetijden en jaar voor de verschillende kwadranten 45
Nadere beschouwing van de windsnelheidsverandering tusschen 1000 en 3500 m 48

Bladz.

HOOFDSTUK VI.

De gemiddelde luchtverplaatsing, *V*, op verschillende hoogten 51
Jaarlijksche gang van het gemiddelde van morgen en middag 51
De windrichtingsverandering met de hoogte beneden 1000 m . . . 57
De verandering van de luchtverplaatsing met de hoogte boven 750 m . 59

HOOFDSTUK VII.

De dagelijksche gang van de gemiddelde luchtverplaatsing op verschillende hoogten 65

HOOFDSTUK VIII.

De bestendigheid 77

Samenvatting 79
Literatuuroverzicht 81
Tabellen 83
Aantallen waarnemingen 83
Gemiddelde windsnelheid 85
Gemiddelde N.-S.- en E.-W.-componenten 93
Richting en grootte van de gemiddelde luchtverplaatsing 101
Bestendigheid 109

DER MITTLERE HÖHENWIND VON DE BILT NACH PILOT-BALLONBEOBACHTUNGEN (1922—1931) (Auszug).

Einleitung 111
Bearbeitungsweise 112
Die mittlere Windgeschwindigkeit 115
Die mittlere Luftversetzung 118
Differenzen zwischen Morgen- und Mittagwerten der mittleren Luftversetzung 120

AVIS.

Le présent numéro des „Mededeelingen en Verhandelingen" contient les thèses de doctorat de M. W. Bleeker, assistant à l'Institut Météorologique de De Bilt, défendues devant la faculté des sciences de l'Université d'Utrecht, le 17 février 1936.

Ces thèses donnent la première discussion détaillée des résultats des observations par ballons pilotes exécutées à l'Observatoire de De Bilt, et pour cette raison elles sont incorporées dans la série de nos communications et mémoires.

Pour faire mieux comprendre la méthode de calcul et le contenu des nombreux tableaux un résumé en allemand a été ajouté.

Le Directeur en Chef
de l'Institut Royal Météorologique des Pays-Bas,

Dr. E. VAN EVERDINGEN.

INLEIDING.

In 1918 heeft Cannegieter in „Het Vliegveld" een eerste bijdrage geleverd tot de kennis van de verschillende meteorologische elementen op diverse hoogten boven Soesterberg (1) *). In „Hemel en Dampkring" zijn in 1919 de gevonden resultaten nog eens gedeeltelijk op andere wijze gepubliceerd (2).

Uit den aard der zaak kon deze studie niet anders dan betrekkelijk onvolledig zijn; het materiaal, verzameld gedurende de jaren 1911 tot 1918, was nog zeer schaarsch, en vooral bij de windwaarnemingen was de inhomogeniteit groot, aangezien nu eens loodsballons, dan weer vliegers voor de bepaling van den hoogtewind gebruikt waren. In de latere jaren zijn in de „Ergebnisse aerologischer Beobachtungen" voortdurend gemiddelden en normalen van temperatuur en vochtigheid gepubliceerd (3). Wat de luchtstroomingen in de hoogere niveaux boven Nederland betreft, bleef onze wetenschap beperkt tot bovengenoemde samenvattingen.

Niet alleen de moderne meteorologie, doch ook de luchtvaart gaat zich in steeds hoogere mate voor de windtoestanden in de vrije atmosfeer interesseeren. In een aantal landen is men, vooral op initiatief van de „Commission Internationale de Navigation Aérienne" overgegaan tot de bewerking van de beschikbare hoogtewind-gegevens. Aangezien ook in Nederland een groot aantal waarnemingen aanwezig is, lijkt het geven van een samenvatting zoowel voor theorie als praktijk nuttig en noodig.

*) De cijfers tusschen haakjes verwijzen naar het literatuuroverzicht.

HOOFDSTUK I.

DE OORZAKEN VAN WINDSNELHEIDS- EN WINDRICHTINGSVERANDERINGEN MET DE HOOGTE.

Het zal in het vervolg dikwijls gewenscht zijn voor de verklaring van de uitkomsten der verschillende onderzoekingen gebruik te maken van de theorieën omtrent windsnelheids- en windrichtingsveranderingen met de hoogte. Ten einde daarover niet bij herhaling te moeten uitweiden is met gebruikmaking en uitbreiding van de beschouwingen in de bekende handboeken van Exner, Koschmieder en Napier Shaw hieronder een kort overzicht gegeven van de voornaamste factoren, welke het gedrag van den wind beheerschen (4, 5, 6).

A. **Beweging zonder wrijving.** Bij *stationnairen* toestand met horizontale luchtbeweging waait de wind evenwijdig aan rechtlijnige, tangentieel aan kromlijnige isobaren; op het Noordelijk halfrond zoodanig, dat men met den wind loopend den hoogen druk aan de rechterhand heeft.

Bij rechtlijnige beweging wordt de snelheid bepaald door het evenwicht van afbuigende kracht der aardrotatie (Corioliskracht) en luchtdrukgradient.

$$2\,\omega\rho\,V \sin\varphi = \frac{\partial p}{\partial n}, \tag{A}$$

waarin: ω = de hoeksnelheid der aarde bij de draaiing om haar as, ρ = de luchtdichtheid, V = de windsnelheid, φ = de geografische breedte, $\frac{\partial p}{\partial n}$ = de luchtdrukgradient.

Voor onze breedte geldt: de windsnelheid op 1000 meter hoogte, uitgedrukt in km per uur, is ongeveer gelijk aan 29 maal den luchtdrukgradient aan den grond, uitgedrukt in mm Hg per 111 km (de geostrofische wind).

Bij kromlijnige beweging wordt de Corioliskracht al naar de richting van de kromming der baan vermeerderd of verminderd met een centrifugale kracht (C); bovenstaande vergelijking gaat over in:

$$2\,\omega\rho\,V \sin\varphi \pm C = \frac{\partial p}{\partial n}. \tag{B}$$

Bij een stationnaire depressie zijn de windsnelheden kleiner, bij een stationnairen hoogen druk grooter dan de geostrofische wind. Waren luchtdrukgradient en luchtdichtheid op een bepaalde plaats onafhankelijk van de hoogte dan veranderde de snelheid slechts als functie van de kromming der banen. Over het algemeen varieert deze kromming in de verticaal weinig, zoodat we in het vervolg met deze oorzaak van de snelheidsverandering met de hoogte geen rekening behoeven te houden.

Formule (A) geeft aan, dat een tweede oorzaak van de windsnelheidsverandering met de hoogte wordt gevonden in de dichtheidsvariaties. Voor de luchtdichtheid, ρ, geldt:

$$\rho = \frac{1}{R}\frac{p}{T}, \tag{C}$$

waarin: R = de gasconstante, p = de luchtdruk en T = de absolute virtueele temperatuur.

Mechanisch en thermo-dynamisch evenwicht eischen, dat de luchtdichtheid naar boven afneemt; bij constanten luchtdrukgradient zal dit een aangroeien van de snelheid naar boven ten gevolge hebben. Volgens de wet van Clayton-Egnell zou het product van luchtdichtheid en windsnelheid in de verticaal constant zijn, hetgeen zou beteekenen, dat de luchtdrukgradient op iedere hoogte dezelfde is.

In werkelijkheid is dit echter niet zoo. De luchtdruk verandert met de hoogte volgens de formule:

$$p = p_0\, e^{-\int_0^z \frac{g}{RT} dz} \tag{D}$$

waarin: p_0 = de druk aan den grond, g = de versnelling van de zwaartekracht, z = de hoogte; T en g zijn functies van de hoogte.

Onderstellen we g = constant en verder isothermie in ieder horizontaal vlak, dan varieert de luchtdrukgradient in evenredigheid met den luchtdruk:

$$\frac{\partial p}{\partial n} = \frac{\partial p_0}{\partial n}\, e^{-\int_0^z \frac{g}{RT} dz} \tag{E}$$

In een ook verticaal isotherme atmosfeer zijn de veranderingen met de hoogte in de vergelijking (A) links en rechts van het gelijkteeken gelijk, omdat daarin ρ en $\frac{\partial p}{\partial n}$ op dezelfde wijze varieeren; neemt de temperatuur naar boven toe of af, dan kan men met behulp van vergelijkingen (A) en (C) gemakkelijk

inzien, dat dit met een toenemen of afnemen van de windsnelheid naar boven gepaard gaat.

Van belang voor de verticale windsnelheidsvariaties zijn ook de horizontale temperatuursverschillen. Zooals uit formule (D) blijkt wordt in warme lucht de druk bij toenemende hoogte langzamer kleiner dan in koude lucht. Is de luchtdrukgradient aan den grond van warm naar koud gericht, dan zal hij naar boven toe in ieder geval minder snel afnemen dan met formule (E) overeenkomt, zelfs is toenemen mogelijk. Aangroeien van de windsnelheid naar boven is hiervan het gevolg. Wijst de luchtdrukgradient aan den grond van koud naar warm, dan beteekent dit, dat hij nog sneller naar boven afneemt dan met formule (E) overeenkomt; de windsnelheid wordt dus kleiner, de richting kan zelfs omslaan, daarboven groeit de snelheid weer. Zijn de luchtdrukgradienten niet gelijk of tegengesteld gericht aan de horizontale temperatuurgradienten dan veranderen hun richtingen en daarmede ook de windrichtingen met de hoogte.

Margules leidde voor het verband tusschen windverandering met de hoogte en verticalen en horizontalen temperatuurgradient de volgende formules af:

$$\text{(F)} \qquad \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{u}{T}\frac{\partial T}{\partial z} + \frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial ij}$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = \frac{v}{T}\frac{\partial T}{\partial z} - \frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial x}$$

waarin: x, ij en z de componenten zijn van een rechtsdraaiend coördinatensysteem, met z als verticale as en x en ij zoodanig georienteerd, dat in het horizontale vlak de x-as naar het Zuiden en de ij-as naar het Westen wijst, u en v zijn de windsnelheden in de richting van de x- en de ij-as, $l = 2\omega \sin \varphi$.

Ten slotte moet opgemerkt worden, dat bij niet-stationnairen toestand natuurlijk allerlei afwijkingen zullen optreden. Het is voorloopig echter niet mogelijk zich hiervan voor de luchtlagen boven 1000 à 1500 m ook maar eenigermate rekenschap te geven wegens de gebrekkige kennis van de temperatuurverdeeling in de hooge atmosfeer. Men is genoodzaakt de afwijkingen, welke het gevolg zijn van een niet-stationnairen toestand, buiten beschouwing te laten.

B. **Beweging met wrijving.** We onderstellen weer, dat de luchtstrooming horizontaal is. Het is welbekend, dat er ten gevolge van de wrijving aan het aardoppervlak een snelheidstoeneming naar boven bestaat. In het

medium treden horizontaal gerichte oppervlakte-krachten op, K_x en K_{ij}, welke gelijk zijn aan:

$$\text{(G)} \qquad K_x = \mu \frac{\partial u}{\partial z} \quad \text{en} \quad K_{ij} = \mu \frac{\partial v}{\partial z},$$

waarin μ de coefficient van inwendige wrijving is.

Houden we bij de beschouwing van een volume-elementje rekening met deze krachten dan blijkt bij stationnairen toestand de vergelijking (A) voor de componenten in x- en ij-as over te gaan in:

$$\text{(H)} \qquad 2\omega\rho\, v \sin\varphi = \frac{\partial p}{\partial x} - \mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \text{en}$$

$$2\,\omega\rho\, u \sin\varphi = \frac{\partial p}{\partial ij} - \mu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}.$$

Bij de vereenvoudigende onderstellingen $\frac{\partial p}{\partial ij} = 0$, $\frac{\partial p}{\partial x} =$ constant en $\rho =$ constant, vindt men na integratie van deze bewegingsvergelijkingen en bij gebruikmaking van de grensvoorwaarden:

$$\text{(I)} \qquad u = \bar{v} e^{-\lambda z} \sin \lambda z$$

$$v = \bar{v}\,(1 - e^{-\lambda z} \cos \lambda z), \quad \text{en}$$

$$\text{(J)} \qquad \operatorname{tang} \theta = \frac{e^{-\lambda z} \sin \lambda z}{1 - e^{-\lambda z} \cos \lambda z},$$

waarin: $\bar{v}$ = de met $\frac{\partial p}{\partial x}$ overeenkomende geostrofische wind, $\lambda = \sqrt{\frac{l\rho}{2\mu}}$ en θ = de hoek, welke de windrichting met de isobaar maakt.

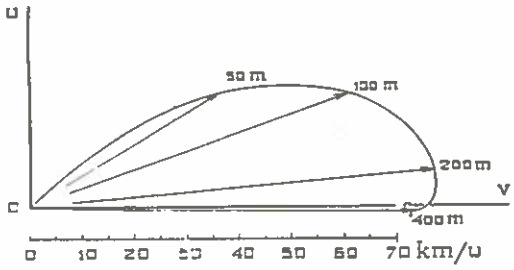

Fig. 1. Een Ekman-spiraal volgens Exner ($\bar{v}$ = 72 km per uur).

Hieruit blijkt terstond, dat behalve de snelheidsveranderingen ook een draaiing van de richting met de hoogte moet optreden. Hoe de wind in een speciaal geval in de verticaal verandert, geeft figuur 1 aan. De lijnen van het punt O uit naar de verschillende punten van de spiraal getrokken, stellen de windvectoren op diverse niveaux voor. Op het Noordelijk halfrond is in de onderste luchtlagen behalve de groote aangroeiing van de snelheid ook een sterke rechtsdraaiing

van de richting bij toenemende hoogte aanwezig; in de hoogere lagen wordt de snelheidstoeneming en de hoekverandering kleiner, terwijl nog hooger de windsnelheid weer afneemt, een terugdraaien van de richting plaats heeft, enz.

Bovenstaande theorie van de wrijving is door Ekman het eerst voor zeestroomingen ontwikkeld.

Men kan ook op eenvoudige wijze laten zien, dat de windrichting ten gevolge van de wrijving met toenemende hoogte naar rechts moet draaien. De twee krachten, welke elkaar bij te verwaarloozen wrijving in de hoogere luchtlagen in evenwicht houden, zijn in de onderste lagen nog vermeerderd met een derde kracht, de wrijvingskracht, welke niet geheel tegengesteld aan de stroomingsrichting is. Dit systeem van drie krachten is nu bij stationnairen toestand in evenwicht; de situatie wordt in figuur 2 aangegeven. Zooals men ziet is dan de wind ten opzichte van de isobaar naar links gedraaid.

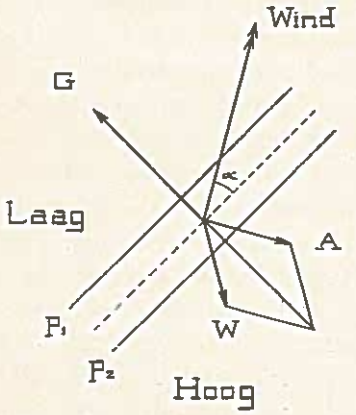

Fig. 2 Evenwicht van krachten bij stationnairen toestand; G = luchtdrukgradient, A = afbuigende kracht der aardrotatie, W = wrijvingskracht. De hoek, welke de windrichting met de isobaar maakt, is hier α genoemd, in plaats van θ, waarvan in den tekst sprake is.

Hesselberg en Sverdrup hebben Ekmans beschouwingen nog uitgebreid voor het geval van een lineaire toeneming van $\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n}\right)$ naar boven. De Ekman-spiraal gaat dan over in den vorm door figuur 3 weergegeven; d.w.z. men heeft dicht bij den grond weer een snelle windaangroeiing, welke op grootere hoogten verdwijnt of zelfs in afneming kan overgaan, nog hooger neemt de wind verder toe. Van het terugdraaien der richting is hier niet veel meer te bespeuren.

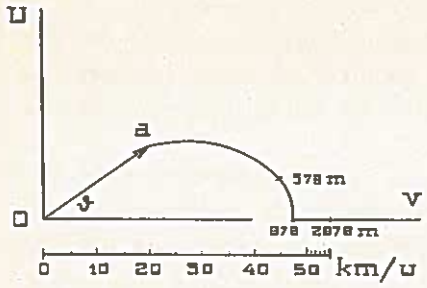

Fig. 3. Een Ekman-spiraal volgens Hesselberg en Sverdrup bij lineaire toeneming van $\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n}\right)$ met de hoogte.

Aangezien de meeste anemometers op 6 of meer meter hoogte boven het aardoppervlak zijn opgesteld, beperken we ons in het vervolg tot de beschouwing van de luchtstroomingen boven het 6 meter niveau. Berekent men nu met behulp van de vermelde for-

mules uit de gebruikelijke windwaarnemingen den coefficient van inwendige wrijving dan vindt men daarvoor een waarde vele malen grooter dan uit stroomings- en slingerproeven in het laboratorium bekend is geworden. De laboratoriumwaarde bedraagt 18.10^{-5} cm^{-1} g sec^{-1}, de atmosfeer levert ons een waarde van de orde 10 cm^{-1} g sec^{-1}. Het is duidelijk, dat dit verschil in verband moet staan met het verschil in karakter van de strooming. De strooming bij laboratoriumproeven is gewoonlijk laminair; bij een horizontale strooming heeft alleen voor aparte moleculen een verticale uitwisseling plaats. In de atmosfeer is de strooming echter turbulent; een luchtdeeltje beweegt zich gemiddeld wel horizontaal, doch bezit ook snelheidscomponenten loodrecht op de gemiddelde beweging. Tijdelijk wisselen geheele molecuulcomplexen van hoogte. Dit is natuurlijk van invloed op de verticale snelheidsverandering, en wil men deze toch op dezelfde wijze beschrijven als men doet bij laminaire strooming, dan moet men zich van een veel grooteren wrijvingscoefficient, den zoogenaamden virtueelen wrijvingscoefficient, bedienen.

In de eerste plaats beheerscht het windsnelheidsverval en daarmede de windsnelheid zelve den aard van de strooming en de mate van turbulentie. De ervaring leert, dat bij thermisch stabiele atmosfeer en voor windsnelheden, welke op 6 meter boven het aardoppervlak minder dan 15 km per uur bedragen, bij benadering laminaire strooming wordt aangetroffen. Boven deze snelheidsgrens treedt turbulentie op, en wel des te sterker naar gelang de windsnelheden grooter zijn. We zullen deze turbulentie in het vervolg snelheidsturbulentie noemen.

In de tweede plaats kan de turbulentie een thermische oorzaak hebben. Horizontale temperatuursverschillen hebben bij sterke verwarming van de onderste luchtlagen stijgende en dalende bewegingen ten gevolge. Wegens den grooten invloed, welke de straling hierbij heeft, is de strooming bij betrokken lucht en des nachts minder turbulent dan bij helderen hemel en overdag.

De snelheidsturbulentie en de convectie worden beide beheerscht door de verticale temperatuurstructuur der atmosfeer en de vochtigheid der aan de verticale stroomingen deelnemende deeltjes. De stijging van niet met waterdamp verzadigde lucht gaat gepaard met afkoeling langs de droogte-adiabaat; bij verzadigde lucht heeft de afkoeling langs de vochtigheids-adiabaat plaats. Daalt de lucht dan treedt verwarming langs de droogte-adiabaat op. Dikwijls kan de verticale temperatuur-afneming in de atmosfeer kleiner zijn dan degene, die door droogte- of vochtigheids-adiabaat wordt aangegeven. Bij snelheidsturbulentie zal dan een deeltje, dat oorspronkelijk dezelfde temperatuur had als zijn omgeving door stijging (resp. daling) een

lagere (resp. hoogere) temperatuur krijgen dan zijn omgeving, tengevolge waarvan er krachten op gaan werken, welke het naar zijn oorspronkelijke plaats terugvoeren. Bij de convectie zal een stijgend deeltje, dat eerst warmer was dan zijn omgeving ten slotte dezelfde temperatuur krijgen als zijn omgeving en dus zijn opwaartsche beweging niet verder voortzetten. Hoe meer de verticale temperatuurgradient der atmosfeer in positieven zin afwijkt van de temperatuurgradienten der naar omstandigheden te beschouwen droogte- of vochtigheids-adiabaten, des te minder heeft de turbulentie te beteekenen.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat een grootere turbulentie in de onderste lagen nog niet met een hooger reiken van de turbulente invloeden behoeft overeen te komen.

Ten slotte is te vermelden, dat ook de mindere of meerdere oneffenheid van het aardoppervlak kleinere of grootere turbulentie medebrengt.

Begrijpelijk is het, dat met toenemende hoogte de turbulentie afneemt. Niet alleen is in de onderste niveaux de snelheidsturbulentie het grootst, omdat daar de snelheidsverschillen het meest te beteekenen hebben, doch ook de convectie, welke door contact van de luchtdeeltjes met de warme aarde ontstaat, neemt met de hoogte af, aangezien niet alle deeltjes even sterk verwarmd worden en dus bij toenemende hoogte een steeds kleiner aantal het horizontale vlak passeert. Bij de interpretatie van onze gemiddelden moeten we hierop letten. Met het afnemen van den virtueelen wrijvingscoefficient met toenemende hoogte, ten gevolge van het afnemen van de turbulentie, zou men bij de integratie van de bewegingsvergelijkingen (H) rekening behooren te houden. Tot nu toe is men hierin nog niet op bevredigende wijze geslaagd.

Met behulp van het bovenstaande is thans in het algemeen aan te geven, welken invloed een vergrooten of verkleinen van de turbulentie op het gedrag van den wind in de niveaux boven 40 m heeft. Wij herhalen de formules, I en J, van bladzijde 6:

$$u = \bar{v}\, e^{-\lambda z} \sin \lambda z$$

$$v = \bar{v}(1 - e^{-\lambda z} \cos \lambda z)$$

$$\operatorname{tang} \theta = \frac{e^{-\lambda z} \sin \lambda z}{1 - e^{-\lambda z} \cos \lambda z}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{l\rho}{2\mu}}.$$

Onderstellen we nu, dat zoowel bij grooten als bij kleinen wrijvingscoefficient de windsnelheid in de vrije atmosfeer, dus $\overline{v}$ gelijk is, dan beteekent het invullen in de formules van een waarde van μ, welke a maal grooter is dan een oorspronkelijke waarde, hetzelfde als het bekijken van de oorspronkelijke strooming op een $\sqrt{a}$ maal grootere hoogte. Dit wil zeggen: bij vergrooting van μ treedt in de onderste niveaux een snellere strooming op; in een gedeelte der hoogere luchtlagen wordt de windsnelheid echter kleiner, zooals men gemakkelijk uit de spiraal van Ekman kan zien. Ook de winddraaiing met de hoogte ondergaat een verandering; men kan wel zeggen, dat de geringe draaiing met de hoogte der bovenlagen bij grootere μ naar beneden wordt verschoven. Zoowel het omslaan in teeken van de verticale snelheidsverandering als de overgang van een rechtsdraaiing in een linksdraaiing bij toenemende hoogte hebben bij een grootere wrijving op een lager niveau plaats.

Een en ander is ook op eenvoudige wijze toe te lichten. Door de turbulentie brengen de luchtdeeltjes de snelheidseigenschappen, welke in een bepaalde laag aanwezig zijn, over naar hoogere en lagere niveaux; er bestaat een impulstransport naar beneden. De onderste lagen winnen, de bovenste verliezen aan snelheid; bovendien heeft een vereffening van de richtingsverschillen plaats. De dagelijksche gang van den windvector op anemometerhoogte wordt hiermede volkomen bevredigend verklaard.

De te bepalen gemiddelden stellen ons niet alleen in staat tot de bespreking van den jaarlijkschen en dagelijkschen gang van de windsnelheid en de windrichting op verschillende hoogten, maar bovendien tot het berekenen van den horizontalen temperatuurgradient op diverse niveaux in de atmosfeer en tot het geven van een denkbeeld van de mate van turbulentie in onderscheiden maanden tijdens morgen en middag.

HOOFDSTUK II.

HET WAARNEMINGSMATERIAAL.

De hoogtewind-waarnemingen geschieden thans meestal met behulp van gummiballons (loodsballons), welke men na vulling met waterstofgas loslaat en door den kijker van een theodoliet volgt.

De eerste Nederlandsche hoogtewind-waarnemingen door middel van loodsballons dateeren van voor 1910. Zij werden met een aflees-theodoliet verricht. Van Everdingen heeft in 1909 een en ander over de resultaten van deze metingen medegedeeld (7) en o.a. reeds gewezen op het verschillende karakter van den hoogtewind bij verschillende windrichtingen. De afzonderlijke gegevens zijn echter niet in extenso gepubliceerd; zij dienden hoofdzakelijk als hulp bij het opmaken der weersverwachtingen.

Eerst na de ontwikkeling van den registreerenden theodoliet van Schoute is een vollediger materiaal verzameld, en toen na 1920 de loodsballons constant van goede kwaliteit werden en het bovendien mogelijk was meer personeel in De Bilt te concentreeren, was men in staat met groote regelmaat oplatingen te verrichten. Helaas waren de ver-doorgevoerde bezuinigingen er de oorzaak van, dat van 1933 af slechts één waarneming per dag gedaan kon worden. Van 1921 af zijn de gegevens alle op dezelfde wijze gepubliceerd, zoodat voor een gemakkelijke bewerking de jaren 1921 tot 1932 ter beschikking stonden. Daar de gekozen bewerkingsmethode langdurig rekenwerk eischte, werd besloten uit deze 12 jaar slechts 10 jaar (1922 tot 1931) nader te onderzoeken. Men kan betwijfelen, of dit tijdperk groot genoeg is om betrouwbare gemiddelden te berekenen. O.i. is het aantal observaties, althans in de onderste luchtlagen, voldoende. Ter orienteering geeft het onderstaande staatje de aantallen verwerkte waarnemingen tot op verschillende hoogten:

Tot	500	meter :	4033	waarnemingen
,,	1000	,, :	3625	,,
,,	1500	,, :	2996	,,
,,	2000	,, :	2428	,,
,,	2500	,, :	1839	,,

Tot	3000	meter	:	1636	waarnemingen
,,	4000	,,	:	1117	,,
,,	5000	,,	:	769	,,
,,	6000	,,	:	510	,,
,,	7000	,,	:	368	,,
,,	8000	,,	:	258	,,
,,	9000	,,	:	178	,,
,,	10000	,,	:	106	,,

Een volledig overzicht van de in diverse maanden en jaargetijden ter beschikking zijnde waarnemingsaantallen geven de tabellen 1 tot 4 aan het slot.

Alle waarnemingen zijn verricht met den registreerenden theodoliet, systeem Schoute (8). De loodsballons waren de gebruikelijke gummiballons van de fabrieken ,,Continental'' te Hannover en ,,Saul'' te Aken. De waarden van de stijgsnelheid zijn ontleend aan de grafieken van Tetens, welke berusten op formules van Hergesell (9). De stijgsnelheid varieerde tusschen 120 meter per minuut bij zwaarbewolkt of betrokken weer met laaghangend wolkendek, en 250 meter per minuut op heldere dagen met veel wind. De meest gebruikte stijgsnelheden waren 150, 180 en 200 meter per minuut. De vulling der ballons geschiedde binnenshuis uit een waterstof-cilinder, welke buitenshuis in de schaduw was opgesteld. Direct nadat de vulbalans in evenwicht was, werd de ballon afgebonden; met het feit, dat ten gevolge van het warmer worden van het adiabatisch afgekoelde gas de opwaartsche kracht toeneemt en de stijgsnelheid dus grooter is dan de in de grafiek afgelezen waarde, werd geen rekening gehouden. Berger schat deze fout op 3 % bij een stijgsnelheid van 100 m per minuut, op 1 % bij 200 m per minuut (10); wij vonden in het laboratorium fouten van dezelfde grootte. Gemiddeld stegen de ballons dus iets sneller dan men onderstelde. Dit zou beteekenen, dat de uit de registratie bepaalde snelheidswaarden te laag zijn en dat de uitgemeten richtingen behooren bij een hooger niveau. In hoeverre de gebruikte grafieken juist zijn en in hoeverre de stijgsnelheid als constant mag worden beschouwd, zij hier niet uitvoerig besproken. Voor een volledige discussie van de fouten, waarmede een hoogtewind-waarneming van één punt uit behept is, zij verwezen naar de samenvattende publicatie van Berger (10). Slechts zij opgemerkt, dat verschillende onderzoekers talrijke uiteenloopende stijgsnelheids-formules en grafieken hebben gepubliceerd. Bekend is het voorbeeld van een ballon van 103 gram eigen gewicht met een vrije stijgkracht van 188 gram, welke volgens verschillende auteurs de volgende stijgsnelheid zou moeten hebben:

Hergesell	: 192 m per minuut.
Hesselberg-Birkeland	: 177 ,, ,, ,,
Rouch	: 179 ,, ,, ,,
Dines	: 168 ,, ,, ,,

Met behulp van 73 peilingen van twee punten uit vond Peppler voor een dergelijken ballon 201 m per minuut. Deze uitkomst rechtvaardigt eenigermate de keuze van Hergesells formule voor de bepaling van de stijgsnelheid. Deze geeft althans de geringste afwijkingen van de in de vrije atmosfeer waargenomen waarde. Bovendien mag men boven den heuvel, waarop het Lindenbergsche observatorium is gelegen en waar Pepplers metingen werden verricht, nog een geringen opstijgenden luchtstroom veronderstellen, zoodat de experimenteel bepaalde waarde van 201 m per minuut voor het vlakke land wel iets lager uit zal vallen.

Ook moet er nog op gewezen worden, dat volgens Bergers verdere onderzoekingen de soort van het gummi in belangrijke mate de stijgsnelheid bepaalt (11). Berger vond groote verschillen tusschen van verschillende fabrieken afkomstige ballons. Dit zou de bovenstaande uiteenloopende getallen voor de stijgsnelheid kunnen verklaren. De stijgsnelheidsbepalingen van Hergesell en hun latere toetsingen door Peppler geschiedden met dezelfde ballonsoorten als op het K.N.M.I. gewoonlijk worden gebruikt.

Om in de gemiddelden de toevallige fouten (als daar zijn: invloed van verticale luchtstroomingen, van straling, van turbulentie, gummidikte enz. op de stijgsnelheid, verder de kleine instrumenteele fouten bij den theodoliet) zoo klein mogelijk te maken, kan men niet anders doen dan het aantal te bewerken waarnemingen zoo groot mogelijk kiezen. Een gelukkige omstandigheid is, dat de waarden van sommige toevallige fouten in de onderste luchtlagen het grootst zijn, terwijl we daar juist over de meeste waarnemingen beschikken. Moeilijk is het van sommige systematische fouten en hun bedrag een goed denkbeeld te krijgen. Behalve door de bovengenoemde onnauwkeurigheid bij het vullen en de fouten in de stijgsnelheidsgrafiek (zij zijn voor iedere stijgsnelheid verschillend) kunnen zij veroorzaakt zijn door veranderingen in de stijgsnelheid gedurende de oplating, bijvoorbeeld ten gevolge van diffusie.

Meestal werd de ballon losgelaten en gevolgd van den 40 meter hoogen toren; lieten de afmetingen van den ballon het naar boven brengen niet toe, dan werd hij van den beganen grond opgelaten, de registratie van de baan werd echter eerst begonnen op het oogenblik, dat de ballon den waarnemer op den toren passeerde.

In de ,,Ergebnisse aerologischer Beobachtungen" zijn richting en snelheid

van iedere hoogtewind-waarneming gepubliceerd in graden (360° = Noord, 90° = Oost, enz.) en km per uur; en op een zoodanige wijze, dat uit de cijfers de projectie van de ballonbaan kan worden gereconstrueerd. De richting en de snelheid zijn nl. gegeven als gemiddelden in de volgende lagen: 40—540, 540—1040, 1040—1540, 1540—2040, 2040—2540, 2540—3040, 3040——4040, 4040—5040, enz. meter. Voor bepaalde onderzoekingen (algemeene circulatie) komt deze publicatie-methode goed tot haar recht, voor andere doeleinden (luchtvaart, studie van wrijving) is de kennis van richting en snelheid *op* een bepaald niveau wellicht wenschelijker. Ook voor het teekenen van isoplethen dient men over de windsnelheid *op* een bepaald niveau te beschikken. Strikt genomen mag men nl. de gemiddelde windsnelheid in een laag niet gelijk stellen aan die op de gemiddelde hoogte van die laag. Om een voorbeeld te noemen: onderstellend, dat de windrichting niet als functie van de hoogte verandert en de windsnelheid evenredig is met den vijfden-machtswortel van de hoogte, (dit is de windverdeeling volgens de empirisch gevonden wet van Hellmann) zal de gemiddelde windsnelheid tusschen 500 en 1000 meter gelijk zijn aan de snelheid op 739 meter, een hoogte dus ongeveer $1\frac{1}{2}$ % afwijkend van de gemiddelde hoogte van de laag (12). Voor de hoogere niveaux zijn deze afwijkingen kleiner en we zullen, waar dit in het vervolg noodig is, de gevonden cijfers laten gelden voor de gemiddelde hoogte van de laag, waarvoor zij zijn berekend.

Behalve de windgegevens van de vrije atmosfeer is voor iedere loodsballonoplating ook de wind op torenhoogte (40 m) gepubliceerd. De richting hiervan komt overeen met de uit een registratie afgelezen waarde bij het begin der waarneming, de snelheid is geinterpoleerd uit uurlijksche tabellen. De ochtendwaarnemingen vallen meest tusschen 7 en 8 uur, de middagwaarnemingen tusschen 13 en 14 uur wettelijken tijd.

HOOFDSTUK III.

DE BEWERKINGSMETHODE.

Aerologisch waarnemingsmateriaal kenmerkt zich meestal door een groote inhomogeniteit. Op Zon- en feestdagen vallen vliegtuigopstijgingen en loodsballonoplatingen dikwijls geheel weg. Op andere dagen reiken zij in afhankelijkheid van den weerstoestand tot zeer verschillende hoogten. Voor de bewerking beteekent deze inhomogeniteit een ongerief, dat men zoo klein mogelijk dient te maken.

Wat het geheel uitblijven van waarnemingen op sommige dagen betreft: men kan zich op het standpunt stellen, dat men slechts het gemiddelde wenscht te kennen van die dagen, waarop werkelijk een aerologische waarneming werd verricht. O.a. heeft men voor de bepaling van de in „Ergebnisse aerologischer Beobachtungen" gegeven gemiddelden en normalen van temperatuur en vochtigheid Zon- en feestdagen, mist- en stormdagen enz. geheel buiten beschouwing gelaten.

Het lijkt ons echter zoowel voor de kennis van de algemeene circulatie als voor de luchtvaart gewenscht, dat men gemiddelden voor den wind tracht af te leiden voor alle dagen. Daarom en ook wegens het op zoo varieerende hoogten afbreken van de hoogtewind-waarnemingen zal het aanbeveling verdienen de verschilmethode als berekeningswijze toe te passen. Bij deze, door Wegener voor het eerst ten dienste van de aerologie beschreven bewerkingswijze, handelt men als volgt (13). Men berekent de gemiddelde waarde van het element op den grond. Vervolgens de gemiddelde verandering bij stijging tot het eerste niveau; deze bij de grondwaarde opgeteld levert dan het gemiddelde op het eerste niveau. Daarna bepaalt men de gemiddelde verandering bij overgang van het eerste naar het tweede niveau, en telt deze weer bij de gevonden waarde van het eerste niveau op, enz. In een volgend hoofdstuk zal deze verschilmethode aan een nadere beschouwing worden onderworpen en zal worden gedemonstreerd, dat zij bij het door ons bewerkte materiaal de voorkeur verdient boven de methode van gewone middeling.

Om de verschilmethode zoo goed mogelijk toe te passen, zijn de 4033

waarnemingen van den grondwind, welke vervat zijn in het aerologische materiaal, aangevuld met windwaarnemingen van den grondwind van 8 en 13 uur, ontleend aan de Jaarboeken van het K.N.M.I. (14). Zoodoende werd voor den grondwind uitgegaan van een totaal aantal waarnemingen van 7304. In de Jaarboeken is de windrichting gegeven in streken; iedere waarde kan dus ten hoogste 11 graden onzeker zijn. In het gemiddelde zal deze onnauwkeurigheid wel nauwelijks meer tot uiting komen.

Zooals Van Everdingen en Cannegieter reeds opmerkten (7, 1) heeft iedere windrichting haar eigen karakter; bijvoorbeeld neemt de Westenwind op grootere hoogten vrij sterk in snelheid toe, terwijl daarentegen voor den wind, welke aan den grond Oost is, een naar boven langzaam aangroeien en ten slotte via Noord of Zuid draaien naar West typisch is. Deze uiteenloopende eigenschappen bij diverse windrichtingen behoeven ons niet te verbazen. In de troposfeer neemt op onze breedte de gemiddelde temperatuur van Noord naar Zuid toe; ook de ligging van ons land op de grens van Continent en Oceaan brengt in de onderste lagen Oost-West-temperatuurgradienten mede. Zooals we in Hoofdstuk I zagen is de horizontale temperatuurverdeeling een der factoren, welke het gedrag van den wind beheerscht. Indien bij windvectoren van tegengestelde richting gelijkgerichte vectoren worden opgeteld, veranderen hun richting en absolute waarde geheel verschillend. Vandaar het uiteenloopende gedrag van den wind bij diverse windrichtingen. Bedenkt men verder nog, dat bijvoorbeeld bij drogen Oostenwindtoestand de temperatuur-gradienten gemiddeld wel andere waarden hebben dan bij een vochtigen Westenwind, dan is het wel begrijpelijk, dat voor iedere windrichting typische eigenschappen bestaan.

Omgekeerd kunnen we ook verwachten, dat bij een indeeling naar de windrichtingen de waarnemingen in de aparte groepen een zekere overeenkomst vertoonen. Men kan dus voor iedere groep afzonderlijk een vrij zuiver gemiddelde bepalen, ook al ontbreken vele waarnemingen.

Om het uiteenloopende karakter van den wind nader te onderzoeken werden de waarnemingen volgens den *grondwind* ingedeeld in vier kwadranten; Noord van 315° tot 45°, Oost van 45° tot 135°, Zuid van 135° tot 225°, en West van 225° tot 315°. Viel een waarneming juist op één der richtingen 45°, 135°, 225° of 315°, hetgeen alleen bij de aan de Jaarboeken ontleende waarden nu en dan voorkwam, dan werd zij voor de helft als bij het eene en voor de helft als bij het andere der beide aangrenzende kwadranten beschouwd. Was het aan den grond windstil, dan besliste de eerste hoogtestap over de indeeling, gaf ook deze windstilte, dan de volgende, enz.

Daar het doel van dit onderzoek echter niet alleen was in ieder der vier

kwadranten van de windsnelheid, V, het algemeen gemiddelde te bepalen, doch eveneens van den windvector, $\underline{V}$, het algemeen gemiddelde te leeren kennen, moest iedere windwaarde worden ontbonden in een Noord-Zuid-component, u, en een Oost-West-component, v (Noord +, Zuid —, Oost +, West —). Op u, v en V is de verschilmethode toegepast. Samenstelling van de gevonden gemiddelden van u en v levert een gemiddelde $\underline{V}$. Uit de richting van dezen gemiddelden windvector krijgt men ook een goed denkbeeld van de draaiing van den wind met de hoogte in de verschillende kwadranten. Cannegieter heeft in zijn bewerking deze draaiing van den wind met de hoogte direct uit de draaiingen bij de afzonderlijke waarnemingen berekend. Dit heeft echter het nadeel, dat de zwakke winden met sterke richtingswisselingen een te grooten invloed uit zullen oefenen, en de uitkomsten dus minder goed zullen zijn. Om het algemeene totale gemiddelde van V en $\underline{V}$ (gesommeerd dus over alle vier kwadranten) te bepalen, worden door alle auteurs, die aerologische gemiddelden berekenen, alle waarnemingen met gelijk gewicht te samen genomen. Dit lijkt ons in ons klimaat minder juist. Beschouwt men nl. bij de windbewerking de percentages der aantallen waarnemingen, welke uit de verschillende kwadranten op de hoogere niveaux overblijven, dan blijken deze voor ieder kwadrant te verschillen. Als voorbeeld geven onderstaande tabellen in de eerste kolom aan, hoeveel waarnemingen op den morgen en den middag tijdens den Zomer in het N., E., S. en W.-kwadrant aanvangen, en in de verdere kolommen, hoe groot het percentage hiervan is, dat tot diverse hoogten reikt.

	Morgen.												
	40	40	540	1040	1540	2040	2540	3040	4040	5040	6040	7040	m
N.	128 wngn.	100	72	63	53	45	35	32	23	19	12	9	%
E.	135 ,,	100	91	87	84	74	66	61	47	40	31	20	,,
S.	349 ,,	100	62	58	52	45	33	30	20	13	7	5	,,
W.	307 ,,	100	59	53	41	32	19	16	10	6	2	1	,,
	Middag.												
N.	194 wngn.	100	59	51	44	38	33	31	26	20	18	14	,,
E.	79 ,,	100	73	70	63	53	46	44	33	25	20	18	,,
S.	253 ,,	100	53	50	43	32	22	19	11	8	5	4	,,
W.	394 ,,	100	53	44	30	21	15	14	8	5	3	2	,,

Duidelijk komt tot uiting, dat de loodsballonwaarnemingen, welke met Oostenwind beginnen, de grootste kans hebben om in een hoog niveau te eindigen. Dit is trouwens gezien het droge karakter en het wisselen in richting van den bovenwind bij Oostenwind begrijpelijk. Wanneer men

dan (natuurlijk werkende volgens de verschilmethode) alle waarnemingen gewoon samenvoegt, moet op grootere hoogten de karakteristieke Oostenwind-toestand zich het zwaarst laten gelden. Beter is het daarom volgens de verschilmethode voor ieder kwadrant op de diverse niveaux het gemiddelde te berekenen, daarna deze gemiddelden te vermenigvuldigen met het aantal waarnemingen aan den grond bij het betreffende kwadrant ingedeeld, deze uitkomsten op te tellen en het verkregen totaal door het totale aantal waarnemingen te deelen. Bij deze wijze van bepaling van het gemiddelde, in het vervolg *verbeterde* verschilmethode genoemd, kent men dus aan de voor ieder kwadrant gevonden gemiddelden een gewicht toe, dat gelijk is aan het aantal waarnemingen aan den grond bij dat kwadrant ingedeeld.

Deze verbeterde verschilmethode kan men ook op een nog gedifferentieerder wijze toepassen; bijvoorbeeld door de waarnemingen in te deelen naar de diverse weertypen, waarin zij verricht werden. Voor elk weertype mag men de onderlinge afwijkingen der waarnemingen nog kleiner onderstellen dan bij de kwadranten, wegens de nog grootere overeenkomst in de factoren, welke windrichting en windsnelheid beheerschen. Immers de aard van het weer wordt grootendeels bepaald door de ligging van de waarnemingsplaats ten opzichte van het centrum van depressie en hoogen druk. En het is welbekend, dat verschillende depressies en verschillende hooge-drukgebieden een behoorlijke overeenkomst in hun thermische structuur vertoonen. Bij ieder weertype dient men dan volgens de gewone verschilmethode het karakter van den hoogtewind te berekenen, hetgeen door de te verwachten geringere onderlinge afwijkingen (zelfs al vallen op grootere hoogten vrij veel waarnemingen uit) weer vrij zuiver kan geschieden. Daarna moet men uitmaken, hoe frequent de typen zijn, om vervolgens als bij de indeeling in kwadranten te komen tot het totale gemiddelde.

Als weertypen kan men bijvoorbeeld kiezen de Noord-, Oost-, Zuid- en Westsectoren van hoogen druk en depressie en het centrum van hoogen druk. De kromming van de isobaren zal dan beslissen over de vraag, of een weerstoestand bij het hooge- of lage-drukgebied ingedeeld moet worden. De volgende tabelletjes geven in de eerste kolom aan hoeveel waarnemingen op den morgen en den middag tijdens den Zomer bij de onderscheiden weertypen aanvangen, en in de verdere kolommen het percentage, dat tot diverse hoogten reikt (D.S. = depressie, Zuid-sector; H.N. = hooge-druk, Noord-sector; enz.). *)

*) Indien men voor het vliegveld De Kooy (nabij Den Helder) op sommige dagen over hooger reikende waarnemingen beschikte, werden deze in de tabelletjes en de verder hierop betrekking hebbende uitkomsten opgenomen.

Morgen.										
	40		40	540	1040	1540	2040	2540	3040	4040 meter
D.N.	39	wngn.	100	90	82	82	64	62	46	31 %
D.E.	127	,,	100	74	72	64	53	43	37	20 ,,
D.S.	299	,,	100	59	52	40	29	14	12	6 ,,
D.W.	87	,,	100	59	53	41	28	18	15	7 ,,
H.C.	39	,,	100	92	90	79	69	64	56	51 ,,
H.N.	135	,,	100	71	70	61	53	39	32	21 ,,
H.E.	86	,,	100	79	74	64	53	38	37	30 ,,
H.S.	53	,,	100	89	85	83	81	79	77	57 ,,
H.W.	55	,,	100	98	98	96	96	82	78	47 ,,
Middag.										
D.N.	38	,,	100	63	61	47	40	37	37	21 ,,
D.E.	123	,,	100	56	52	45	30	18	15	7 ,,
D.S.	302	,,	100	54	47	31	20	13	13	8 ,,
D.W.	89	,,	100	53	43	25	19	14	12	7 ,,
H.C.	39	,,	100	82	79	77	77	74	74	62 ,,
H.N.	137	,,	100	63	60	50	41	28	24	15 ,,
H.E.	85	,,	100	62	59	47	34	28	25	19 ,,
H.S.	52	,,	100	81	77	73	71	60	56	42 ,,
H.W.	55	,,	100	73	69	60	51	47	38	27 ,,

Men ziet ook hier weer, hoe speciaal de hooge-druktoestanden en dus de daarvoor karakteristieke windtoestanden het gemiddelde zouden beheerschen, indien wij niet op de boven beschreven wijze daaraan trachten te ontkomen.

Een vergelijking tusschen de gewoon toegepaste verschilmethode, de verbeterde verschilmethode met de kwadranten en de verbeterde verschilmethode met de weertypen wordt aan het slot van het volgende hoofdstuk gegeven.

HOOFDSTUK IV.

EENIGE BESCHOUWINGEN OVER DE VERSCHILMETHODE.

Er is op bladzijde 15 reeds vermeld, dat Wegener (13) het gebruik van de verschilmethode voor het eerst in de aerologie heeft aanbevolen boven de methode van gewone middeling. Dit geschiedde in 1910. In de klimatologie had men zich al veel eerder van de verschilmethode bediend, nl. daar, waar het noodig was normalen te vergelijken van stations met waarnemingsreeksen van ongelijken duur. Verscheidene bekende onderzoekers hebben in het midden der vorige eeuw de voordeelen der verschilmethode boven de methode van gewone middeling naar voren gebracht.

Een der eersten was Dove, die constateerde, dat groote afwijkingen van de normale temperatuur niet slechts plaatselijk optraden, doch zich over groote uitgestrektheden voordeden; dus, concludeerde hij, zal niettegenstaande de groote schommeling in de gemiddelden, het verschil daarvan voor twee naburige stations ongeveer gelijk zijn. D.w.z., dat men het temperatuursverschil berekend uit een korte vergelijkingsreeks mag opvatten als het normale verschil en uit de met behulp van een langjarige reeks bepaalde normalen van het eene station tot de normalen van het tweede kan besluiten met de korte vergelijkingsreeks.

Lamont wijst er in 1841 op, dat een 50-jarige waarnemingsreeks nauwelijks voldoende is om temperatuurnormalen tot op 0°.1 C. nauwkeurig te berekenen. Daarentegen geven elke 100 willekeurige gekozen gelijktijdige waarnemingen van twee naburige stations als verschil een vrijwel constante waarde. Hij stelde daarom zelfs voor niet de gemiddelden te publiceeren, doch de gemiddelde afwijkingen van een bepaald centraal gelegen station, dat over langdurige waarnemingsreeksen beschikte. Ieder zou hieruit normalen kunnen bepalen.

Een der grootste voorvechters van de verschilmethode is Buys Ballot geweest. In 1850 schreef hij in een brief aan de Raad van Bestuur van het „Koninklijk Instituut van Ingenieurs", en in 1851 in de „Uitkomsten der Meteorologische waarnemingen gedaan in 1849 en 1850 te Utrecht en op eenige andere plaatsen in Nederland", dat de weersgesteldheid hoofdzakelijk

afhangt van de atmospherische toestanden op andere plaatsen, en verder, dat het oneindig beter is op 100 plaatsen niet te ver van elkaar eenvoudige waarnemingen te doen dan op 10 plaatsen hoogst volledige. „Er behooren over de gansche aarde stations te worden aangewezen, twaalf uren ongeveer van elkander. Deze stations moeten zich om eene hoofdstation als middelpunt vereenigen."

In talrijke publicaties (15) past Buys Ballot de verschilmethode toe. Hij vergelijkt de uitkomsten met behulp hiervan verkregen met de gewone gemiddelden van korte waarnemingsreeksen.

Als in 1875 Hellmann beschikt over wat langere waarnemingsreeksen (16) toetst deze de verschilmethode door uit gelijktijdige 25-jarige waarnemingsreeksen van twee stations de gemiddelde temperaturen te berekenen, daarna van één der stations 5 jaar weg te laten en met de overblijvende 20 jaar opnieuw en dan volgens de verschilmethode een gemiddelde te bepalen. Aangezien de langs beide wegen gevonden waarden slechts eenige honderdste graden uiteenloopen, acht Hellmann het nut van de verschilmethode voldoende duidelijk aangetoond. Zijn bewijs is echter bij dergelijke lange waarnemingsreeksen eenigszins illusoir.

Wild heeft bij zijn studie over de temperatuur in Rusland op veel verstandiger wijze het nut van de verschilmethode onderzocht en zelfs vastgesteld, hoe ver de stations van elkaar verwijderd mogen liggen, opdat zij nog met voordeel kan worden toegepast.

Hoofdzakelijk ging het bij al deze bewerkingen om temperatuur-waarden van ongeveer op zeeniveau gelegen plaatsen. Dove heeft er zijn twijfel over uitgesproken, of de verschilmethode wel voor naburige berg- en dalstations was te gebruiken.

Hann, die bij de samenstelling van gemiddelden van temperatuur en luchtdruk voor het bergachtige Oostenrijk in de noodzakelijkheid verkeerde de verschilmethode in de derde dimensie toe te passen, heeft zekerheidshalve nog eens aan langdurige waarnemingsreeksen de constantheid van de verschillen gedemonstreerd. Bovendien geeft hij niet alleen uiterste grenzen in afstand, doch ook in hoogteverschil aan, tot welke de verschilmethode is toe te passen (17,18).

Men heeft zich talrijke keeren afgevraagd, of hiermede de doelmatigheid van het gebruik van de verschilmethode nu wel voldoende was aangetoond. Wegener pleit op de volgende wijze voor de verschilmethode.

Bij de toepassing van de verschilmethode in de aerologie gaat men van de onderstelling uit, dat een door omstandigheden onvolledige waarneming met een zoodanig verval is voort te zetten als men in het gemiddelde van

de andere werkelijk waargenomen gevallen heeft gevonden. Wanneer men eenvoudig alle beschikbare waarnemingen op een bepaald niveau zou middelen, zou men stilzwijgend voor de ontbrekende gegevens het gemiddelde van de waargenomen waarden aannemen. In het algemeen geldt echter: het element zelf ondergaat grooter veranderingen dan zijn gradient. Daaruit volgt, dat de afwijkingen van de afzonderlijke waarnemingen van het gemiddelde voor het element grooter zijn dan voor den gradient, m.a.w. als men in plaats van de ontbrekende waarnemingen de gemiddelde waarde van het element zelf inzet, zal men een grootere fout maken dan wanneer men een gemiddelde waarde van den gradient gebruikt.

We moeten hier nu even opmerken, dat de verschilmethode eigenlijk een speciaal geval is van een algemeener manier om het beste gemiddelde te berekenen bij een soortgelijk waarnemingsmateriaal als waarover wij beschikken. Men kan zich nl. op het standpunt stellen, dat er tusschen de overeenkomstige waarden van twee waarnemingsseries een betrekking bestaat van het karakter:

(K) $$x_2 = a + bx_1 + cx_1^2 + \text{enz.}, \qquad \text{of}$$

(L) $$x_2 - x_1 = a + (b - 1)x_1 + cx_1^2 + \text{enz.}$$

Uit bekende waarnemingen gaat men dan het gemiddelde van a, b, c enz. bepalen, om met behulp hiervan x_2 te berekenen uitgaande van het beste gemiddelde van x_1. Men moet zich afvragen, welke waarde van x_2 is beter, de op boven beschreven wijze verkregene of de eenvoudig gemiddelde?

In welken vorm gaat vergelijking (L) over in ons geval? Wanneer we de luchtbeweging boven de wrijvingszone bekijken, geldt voor het toenemen van den wind met de hoogte het vergelijkingspaar (F):

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial ij} + \frac{u}{T}\frac{\partial T}{\partial z}$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{v}{T}\frac{\partial T}{\partial z}.$$

Vullen we hier de grootte-orden van T, $\frac{\partial T}{\partial z}$, g, l en $\frac{\partial T}{\partial x}\left(\text{resp. } \frac{\partial T}{\partial ij}\right)$ in, dan vinden we:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \left(\frac{1}{1000}\right) + \left(\frac{1}{5000000}\right) u$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = -\left(\frac{1}{1000}\right) + \left(\frac{1}{5000000}\right) v.$$

Dit beteekent, dat we c, enz. uit vergelijking (L) nul mogen stellen; $(b - 1)$ en a zijn echter niet gelijk nul, zoodat de gewone verschilmethode, welke stilzwijgend $(b - 1) = 0$ onderstelt voor windwaarnemingen eigenlijk een verscherping noodig heeft. Men zal echter wel inzien, dat deze verfijning in de praktijk niet eenvoudig is door te voeren. We zijn wel genoodzaakt om ons aan de door Wegener aangegeven bewerkingswijze ook voor de windwaarnemingen te houden.

Vele meteorologen zijn echter gaan twijfelen aan het door Wegener gegeven bewijs van de voordeelen der verschilmethode. Men beschouwde vooral in de jaren na 1915 alle demonstraties van het nut van het gebruik der verschilmethode door de hierboven genoemde auteurs gegeven als „gevoelsredeneeringen" en zocht naar een meer mathematisch bewijs. Zoolang dit niet geleverd was twijfelde men aan de onbeperkte toepassingsmogelijkheden van de verschilmethode, vooral wanneer het de bewerking van windwaarnemingen betrof.

Sverdrup meent de verschilmethode dan ook bij de bewerking van den hoogtewind in het passaatgebied niet te moeten toepassen, alhoewel hij haar nut voor onze breedten erkent (19).

A. Wagner wijst er in 1931 op, dat zij vooral bij een gering aantal waarnemingen tot onbevredigende resultaten leidt (20), en ten slotte wil F. Wagner haar voor vectorieele grootheden geheel en al verwerpen (21). De publicatie van F. Wagner is het meest positief in haar afwijzende houding. Echter geheel ten onrechte! F. Wagner baseert zijn kritiek hoofdzakelijk op het feit, dat de volgens de verschilmethode berekende waarden van vectorieele en gewone windsnelheid tot onmogelijke bestendigheidsfactoren leiden kunnen, nl. boven 100 %. Inderdaad is dit het geval; bij de gewone middeling kan dit niet gebeuren. Toch is hiermede niet aangetoond, dat men daarom beter doet de verschilmethode te verwerpen. Indien iedere gevonden waarde van vectorieele en gewone windsnelheid de grootste kans heeft de juiste te zijn, dient men beide ook als de beste te aanvaarden. Is het quotient niet, wat het behoorde te zijn, dan beteekent dit hoogstens, dat de gevonden gemiddelden nog niet de werkelijkheid representeeren; maar daarmede is nog niet gezegd, dat de gewoon bepaalde gemiddelden beter zijn.

Möller toont met behulp van een voorbeeld eveneens de onhoudbaarheid van F. Wagners kritiek aan (22). Hij wijst er op, dat de vectoren van de waarnemingen bij de verschilmethode als het ware worden aangevuld met andere vectoren. Dus mag men, wanneer men de bestendigheid wil berekenen, slechts de scalaire waarden van al de vectoren vergelijken met het gevonden vectorieele gemiddelde.

A. Wagner meent in 1934 langs theoretischen weg eenige criteria voor de toepasbaarheid van de verschilmethode af te kunnen leiden (23). Hij vergelijkt nl. de middelbare fouten van de uit eenvoudige middeling en uit de verschilmethode verkregen uitkomsten. Te verkiezen valt dan die bewerkingswijze, waarbij men de geringste middelbare fouten kan verwachten. Geheel en al schijnt Wagner uit het oog te verliezen, dat men bij het beoordeelen van de juistheid van *meteorologische* gemiddelden heel voorzichtig moet omgaan met de gebruikelijke terminologie en formules van de foutentheorie (24, 25). Immers de foutentheorie geeft ons een beoordeeling van de kwaliteit van de meting van een exacte grootheid. De fouten zijn te wijten aan omstandigheden en waarnemers. In de meteorologie zijn de afwijkingen van het gemiddelde niet in de eerste plaats aan kleine toevalligheden toe te schrijven; zij liggen in den aard van de te middelen grootheid. Wanneer men de gemiddelde windsnelheid over 10 jaar voor des morgens 8 uur berekent, wordt de middelbare *fout* in dit gemiddelde, ϵ, zeker niet bepaald door de formule:

$$\epsilon = \sqrt{\frac{\Sigma V_i^2}{n(n-1)}},$$

waarin: V_i = de afwijking van een waarneming van het arithmetisch gemiddelde, en n = het aantal waarnemingen.

Zij is, wanneer men over goede instrumenten en betrouwbare waarnemers beschikt veel kleiner. De volgens bovenstaande formule berekende grootheid is in zekeren zin een combinatie van middelbare *afwijking* en middelbare *fout*. Er is veel voor te zeggen haar middelbare *onzekerheid* te noemen.

Rubinstein en Smoliakew (26, 27) trachtten reeds eerder, in 1922 en 1927, met behulp van de formule van Fechner:

$$r = \frac{1.1955}{\sqrt{2n-1}} \frac{\Sigma |V_i|}{n},$$

waarin r = de waarschijnlijke fout, het voordeel van de verschilmethode te bewijzen. Deze pogingen lijken ons echter in principe onlogisch. Het is nl. niet verantwoord in de klimatologie met de waarschijnlijke fout te gaan werken. Immers deze is geheel en al aan de foutenwet gekoppeld en aan twee praemissen van de foutenwet, nl., dat de kans op een positieve afwijking van de juiste waarde even groot is als die op een negatieve en dat het arithmetisch gemiddelde de meest waarschijnlijke waarde is, is hier niet voldaan. Het is toch bekend, Van der Stok heeft hierop herhaalde-

lijk gewezen, dat de frequentie-krommen van de meeste meteorologische elementen geen symmetrischen vorm hebben. Eenige frequentie-krommen uit het door ons bewerkte materiaal zijn in figuur 4 gegeven.

De bewering van Hann (28), dat de meeste waarnemingsreeksen voldoen aan het criterium van Cornu $\left(\frac{\epsilon^3}{\eta_1^2} = \frac{\pi}{2}\right.$, waarin η_1 = de gemiddelde fout$\left.\right)$ en men dus de foutentheorie niet al te zeer moet verwerpen, mag men als door Skreb voldoende weerlegd beschouwen (29). Skreb toont aan, dat willekeurig geconstrueerde frequentiekrommen prachtig de bovengenoemde relatie volgen, terwijl ze in het geheel niet als foutenkrommen zijn op te vatten.

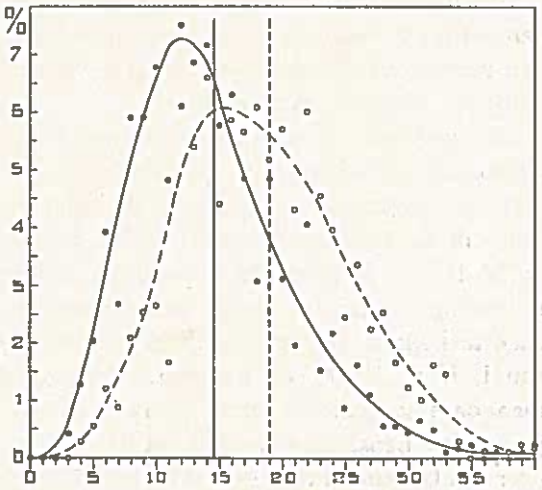

Fig. 4. Frequentie-krommen en gemiddelden van de windsnelheid aan den grond (getrokken: morgen, gestippeld: middag).

Alvorens na te gaan, op welke manier langs mathematischen weg zou zijn te bewijzen, wanneer de verschilmethode te prefereeren is boven die van gewone middeling, willen we van de door Wagner gegeven beschouwingswijze een toepassingsmogelijkheid bedenken. Men kan zich bijvoorbeeld voorstellen in één laboratoriumproef twee door een eenvoudige relatie verbonden gelijkwaardige grootheden te moeten meten; de meting van de eerste grootheid gelukt altijd, de meting van de tweede grootheid mislukt wel eens. Wagner redeneert nu als volgt verder.

Men verkrijgt m metingen van grootheid I, n metingen van II ($n < m$). Voor I vindt men een gemiddelde van X_m met een middelbare fout van f_x; voor II IJ_n met een middelbare fout f_{ij}. Wanneer men het gemiddelde van II met de verschilmethode bepaalt, krijgt men IJ_n' met een middelbare fout f_{ij}'. Is $f_{ij}' < f_{ij}$ dan is aan de verschilmethode de voorkeur te geven boven die van gewone middeling. Daar echter in de meteorologie de meting van II (bijv. de windsnelheid op 500 meter hoogte) heel vaak niet mogelijk is bij bijzondere omstandigheden als mist (kleine windsnelheid) en storm, vallen de uitersten hier weg en f_{ij} wordt klein, terwijl f_{ij}' grooter wordt, omdat deze via I (de windsnelheid aan den grond) wel door de uitersten

wordt beheerscht. Vergelijking van f_{ij} en f'_{ij} zal dan tot geheel verkeerde conclusies kunnen leiden.

Ons inziens zou men moeten onderzoeken, of de *kans* op het verkrijgen van het juiste resultaat bij de verschilmethode grooter is dan bij de methode van gewone middeling of omgekeerd, voor men weet, of men aan één der beide de voorkeur kan geven.

Zijn gegeven: m waarnemingen van I met gemiddelde X_m, n daarvan gelijktijdig verricht met n waarnemingen van II, welke als gemiddelde IJ_n hebben. Volgens de verschilmethode krijgt men als gemiddelde voor II IJ'_n. Die van de waarden IJ_n en IJ'_n, welke het dichtste ligt bij het ware gemiddelde, IJ_m, is de beste. Men moet dus onderzoeken, bij welke methode van middeling de *kans* op deze kleinste afwijking het grootst is. Om dit onderzoek te kunnen volbrengen, moet men aanvangen met te onderstellen, dat van I, II en (I—II) de frequentie-krommen bekend zijn, bovendien moet men de frequentie-krommen kennen van de waarden van (I—II), welke passen bij bepaalde waarden van II, en ten slotte de juiste gemiddelden over een bepaalden tijd. Met behulp van deze gegevens kan men dan nagaan, of bij weglating van waarnemingen van II de verhouding van de aantallen gevallen, waarbij $|IJ_m - IJ'_n| < |IJ_m - IJ_n|$ tot die waarbij het omgekeerde plaats vindt, grooter of kleiner dan 1 is. Is het eerste het geval, dan pleit dit voor de verschilmethode, heeft het laatste plaats, dan is de methode van gewone middeling beter.

Nu blijkt uit onze probleemstelling wel, dat men niet in het algemeen kan beweren, dat de verschilmethode te verkiezen of te verwerpen is. Theoretisch zal het mogelijk zijn, dat zij voor den eenen hoogtestap wel en voor den volgenden niet bruikbaar is. Alles hangt van de frequentie-krommen af, zooals met een tweetal triviale voorbeelden is te demonstreeren.

A. De frequentie-krommen van I en II zijn willekeurig, doch zoodanig, dat (II—I) constant is. In dit geval is:

$$IJ_m = X_m + C$$
$$IJ'_n = X_m + (IJ_n - X_n) = X_m + C = IJ_m$$
$$IJ_n = X_n + C \neq IJ_m$$

Hier is de verschilmethode altijd beter.

B. Frequentie-kromme I zij willekeurig, II zij een constante.

$$IJ_m = C$$
$$IJ'_n = X_m + (IJ_n - X_n) = IJ_n + (X_m - X_n) \neq IJ_n$$

In dit geval is de methode van gewone middeling het beste.

Naar aanleiding van deze beschouwingen zal men dus moeten concludeeren, dat het streng nagaan, wanneer men de verschilmethode wel en wan-

neer niet kan gebruiken, eerst mogelijk is, indien men frequentie-krommen en juiste gemiddelden kent. In de aerologie zou dit gelukken met behulp van waarnemingen van bergstations en lager gelegen plaatsen. Wanneer hiermede het voordeel van de verschilmethode is aangetoond, zal men haar ook voor een uitgebreide omgeving van het bergland wel mogen gebruiken.

De vraag doet zich thans voor, of het wel de moeite loont op zoo'n ingewikkelde wijze het nut van de verschilmethode voor de bewerking van windwaarnemingen te bewijzen. Ongetwijfeld zal men o.i. verstandiger doen de redeneering van Wegener te volgen, en zich beperken tot het zoo goed mogelijk demonstreeren, dat de gemiddelde afwijking van het arithmetisch gemiddelde bij den gradient kleiner is dan bij het element zelf. Om dit te doen is ook weer een volledige kennis van de waarnemingen op alle dagen en op beide te beschouwen niveaux noodig. Men zou zich dus weer met berg- en dalwaarnemingen kunnen behelpen. We kunnen echter ook met ons materiaal een poging in deze richting doen door voor den stap van 40 naar 1000 meter hoogte de ontbrekende waarnemingen op 1000 meter aan te vullen met den berekenden geostrofischen wind. Wij hebben een speciaal geval, de maand Mei, waarvoor des morgens op 1000 meter het kleinste percentage waarnemingen ontbreekt, aan een nader onderzoek onderworpen.

Om te beginnen werd nagegaan, of het gemiddelde van de op 1000 meter waargenomen waarden van u, v en V in overeenstemming was met den gemiddelden geostrofischen wind. Voor de gegevens van den luchtdrukgradient, welke hierbij noodig waren, werden de dagelijks op het K.N.M.I. voor zeeniveau berekende waarden gebruikt. Onderstaande tabellen geven het resultaat van deze vergelijking weer.

Mei.

Morgen.	N.-S.-comp.		E.-W.-comp.		Snelheid.			Aant.
	Waarg.	Ber.	Waarg.	Ber.	Waarg.	Ber.		wngn.
Alle kwadranten:	— 3.2	—10.7	— 6.6	— 7.4	28.4	28.7	km. p.u.	183
Noord-kwadrant:	15.2	6.1	1.3	1.6	26.8	21.5	,,	37
Oost-kwadrant :	— 4.1	—15.7	16.6	13.7	24.3	27.2	,,	48
Zuid-kwadrant :	—16.8	—21.5	—19.9	—22.1	32.2	34.4	,,	68
West-kwadrant :	6.6	1.1	—23.0	—24.1	28.4	26.8	,,	30
Middag.								
Alle kwadranten:	— 6.8	— 1.2	— 6.4	2.6	26.7	25.7	,,	149
Noord kwadrant:	7.9	13.8	0.9	10.1	21.9	27.6	,,	32
Oost-kwadrant :	— 6.1	— 4.5	11.9	20.4	26.8	28.4	,,	38
Zuid-kwadrant :	—18.0	—10.3	—18.6	— 9.5	30.1	23.5	,,	55
West-kwadrant :	— 1.8	4.7	—17.1	— 8.1	24.8	23.7	,,	24

De overeenstemming tusschen waargenomen en berekende waarden is niet zoo groot als men wel zou wenschen. Opvallend is bijv., dat het verschil tusschen waargenomen en berekende waarden bij de N.-S.- en E.-W.-componenten over het algemeen in den morgen positief en in den middag negatief is. Dit kan geen invloed van wrijving zijn, omdat het in alle kwadranten in dezelfde richting optreedt. Ongetwijfeld ligt de oorzaak in de temperatuur; we komen hierop later terug. De onvoldoende overeenstemming van waarneming en berekening beteekent, dat men niet voor iedere groep kan laten zien, dat de gemiddelde afwijking van het gemiddelde bij den gradient kleiner is dan bij het element. We hebben ons moeten beperken tot het onderzoek van E.-W.-component en snelheid op den morgen, die de geringste afwijkingen geven tusschen waarneming en berekening en waarbij bovendien het aantal waarnemingen het grootst is. Onderstaand staatje geeft nu de gemiddelde afwijkingen van de gemiddelde waarden op 1000 meter hoogte en de gemiddelde afwijkingen van het gemiddelde verschil tusschen 1000 en 40 meter hoogte.

	E.-W.-compon.		Snelheid.			
	$\frac{\Sigma \lvert u_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert u_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert V_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert V_i \rvert}{n}$		
Morgen, Mei.	(1000)	(1000—40)	(1000)	(1000—40)		Aant.
	I	II	III	IV		geg.
Alle kwadranten :	21.5	14.7	14.3	10.8	km p. u.	310
Noord-kwadrant :	17.3	12.7	11.2	9.2	,,	64
Oost-kwadrant :	12.2	9.6	11.3	7.8	,,	63
Zuid-kwadrant :	15.5	12.4	16.0	11.7	,,	117
West-kwadrant :	14.8	11.1	14.6	9.8	,,	66

De getallen uit de kolommen I en III zijn grooter dan de daarbij behoorende waarden uit de kolommen II en IV. Hieruit blijkt dus, dat aan de verschilmethode voor dezen hoogtestap en voor deze maand de voorkeur zal moeten worden gegeven.

Ter verdere vergelijking zijn hieronder de waarden van de E.-W.-component en de snelheid weergegeven, langs drie verschillende manieren verkregen : A is het gemiddelde uit de aanwezige waarnemingen, B is met behulp van de verschilmethode berekend, C is het gemiddelde uit de aanwezige waarnemingen, aangevuld met den geostrofischen wind voor die dagen, waarop geen loodsballonobservatie werd verricht.

Morgen, Mei.

	E.-W.-component.			Snelheid.			
	A	B	C	A	B	C	
Alle kwadranten:	— 6.4	— 9.2	—12.3	28.6	30.9	32.7	km. p. u.
Noord-kwadrant:	1.6	1.8	0.3	26.6	29.2	27.1	,,
Oost-kwadrant :	17.0	17.7	18.0	25.2	25.9	26.1	,,
Zuid-kwadrant :	—19.3	—21.3	—24.0	32.0	34.4	37.9	,,
West-kwadrant :	—23.6	—26.8	—31.5	29.0	33.1	35.6	,,

Over het algemeen is de absolute waarde van het verschil tusschen B en C kleiner dan tusschen A en C. Daar C de beste waarden vertegenwoordigt, is hiermede nog eens het voordeel van de verschilmethode in dit geval gedemonstreerd.

Men is geneigd, het tabelletje C nog eens over te rekenen na op den geostrofischen wind, op de dagen zonder waarneming van den hoogte-wind, een standvastige correctie te hebben aangebracht. Deze correctie zou men kunnen ontleenen aan het op bladzijde 27 gevonden verschil tusschen waarneming en berekening. Men vindt dan:

	E.-W.-component	Snelheid	
Morgen, Mei.	C′	C′	
Alle kwadranten:	—12.0	32.6	km per uur
Noord-kwadrant:	0.2	29.3	,,
Oost-kwadrant :	18.6	25.5	,,
Zuid-kwadrant :	—23.0	37.0	,,
West-kwadrant :	—31.4	36.3	,,

De waarden van C′ blijken in de meerderheid van de gevallen dichter bij B te liggen dan bij A, beter nog dan voor C het geval was. Geheel correct is bovenstaande echter niet, omdat men stilzwijgend van de onderstelling uitgaat, dat het verschil tusschen waargenomen en berekenden wind op waarnemingsdagen en niet-waarnemingsdagen hetzelfde is, hetgeen niet het geval behoeft te zijn.

We zullen thans de verbeterde verschilmethode, welke bij de berekening van het totale gemiddelde gebruikt zal worden, nog wat nader bekijken voor dezen hoogtestap. Deze berustte o.a. ook op de onderstelling, dat men bij splitsing in kwadranten en weertypen waarnemingen van groote onderlinge overeenkomst samenneemt, waardoor het gemiddelde in deze groepen zuiver te bepalen is, ook al ontbreken talrijke waarnemingen. Uit de tabel van de

gemiddelde afwijkingen van het gemiddelde op bladzijde 28 blijkt, dat deze grootheid in de kolommen II en IV op één uitzondering na (snelheid Zuid) in de aparte kwadranten kleiner is dan wanneer men alle kwadranten samenvat. Voor de weertypen vindt men:

Morgen, Mei.

	E.-W.-component		Snelheid			
	$\frac{\Sigma \lvert u_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert u_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert V_i \rvert}{n}$	$\frac{\Sigma \lvert V_i \rvert}{n}$		
	(1000)	(1000—40)	(1000)	(1000—40)		Aant.
	I	II	III	IV		geg.
Alles:	21.5	14.7	14.3	10.8	km p. u.	310
Depr. Noord :	11.3	8.6	11.8	9.1	,,	29
Depr. Oost :	14.4	10.4	15.9	11.1	,,	39
Depr. Zuid :	13.7	10.8	16.8	11.6	,,	57
Depr. West :	20.4	14.3	13.6	10.7	,,	32
Hoog. Cent. :	10.9	7.8	6.8	7.0	,,	20
Hoog. Noord :	9.7	5.6	9.8	7.6	,,	29
Hoog. Oost :	15.6	12.3	9.9	8.6	,,	26
Hoog. Zuid :	12.9	7.3	9.0	6.9	,,	36
Hoog. West :	15.1	13.6	10.7	8.7	,,	15
Sec. Voorzijde *):	13.5	9.9	12.8	8.7	,,	21
Sec. Achterz. *) :	16.2	12.4	14.0	11.2	,,	10

Behalve dat de vergelijking van de getallen van de kolommen I en III met de overeenkomstige waarden van kolommen II en IV weer leert, dat de verschilmethode te prefereeren is, blijkt ook, dat de gemiddelde afwijking van het gemiddelde in de kolommen II en IV bij de afzonderlijke weertypen bijna altijd kleiner is dan bij het totaal. Deze over het algemeen geringere spreiding van de waarnemingen in kwadrant en weertype zal er dus voor zorgen, dat we bij de bepaling van de gemiddelde waarde een kleiner kans op een groote fout hebben dan wanneer we alles te samen nemen.

Het tweede voordeel van de verbeterde verschilmethode komt eerst op grootere hoogten goed tot uiting (vergelijk de tabellen op bladzijde 17 en 19). Toch laat het zich ook hier voor 1000 m hoogte demonstreeren.

Naast de getallen A (gemiddelde uit aanwezige waarnemingen), B (gemid-

*) Hier werden bij de indeeling in de weertypen ook nog de voor- en de achterzijde van een secundaire depressie in aanmerking genomen.

delde volgens de eenvoudige verschilmethode), C (gemiddelde uit aanwezige waarnemingen en den geostrofischen wind op die dagen, waarop geen loodsballonobservatie tot 1000 meter hoogte gedaan werd), C′ (C gecorrigeerd voor het gevonden verschil tusschen waarneming en berekenden geostrofischen wind) stellen we nu nog D (gemiddelde berekend volgens de verbeterde verschilmethode met de vier kwadranten) en E (gemiddelde volgens de verbeterde verschilmethode met de weertypen). Men krijgt:

	A	B	C	C′	D	E	
E.-W.-component:	—6.4	—9.2	—12.3	—12.0	—10.1	—9.9	km per uur
Snelheid :	28.6	30.9	32.7	32.6	31.4	31.4	,,

Zooals men ziet liggen D en E dichter bij de beste waarden (C en C′) dan B. Het verschil tusschen D en E is klein, veel voordeel heeft het gedifferentieerder toepassen van de verschilmethode in dit geval dus niet gehad.

Voor het hier uitvoerig behandelde voorbeeld lijkt ons nu het nut van het gebruik van de verschilmethode en verbeterde verschilmethode voldoende duidelijk. Men zou voor de andere maanden voor den hoogtestap tot 1000 m ongetwijfeld op dezelfde wijze dit nut kunnen aantoonen. Voor de grootere hoogten wordt het echter moeilijker. Wanneer men redenen heeft om zich daarbij liever niet van gebergte-gegevens te bedienen, zou men eventueel nog een poging kunnen wagen door op dagen zonder waarneming theoretisch den wind uit de temperatuurverdeeling te berekenen. Bij de gebrekkige kennis van de aerologische toestanden der vroegere jaren zou een dergelijke berekening gemakkelijk tot verkeerde conclusies kunnen leiden. Men moet hier dus voorloopig van afzien.

Voor de verdere hoogtestappen is echter wel zuiver meteorologisch te motiveeren, dat er tegen het gebruiken van de verschilmethode althans geen bezwaren bestaan. Het toepassen van de verschilmethode beteekent meteorologisch gesproken (zie bladzijde 21): uitgaan van de opvatting, dat een afgebroken waarneming met hetzelfde verval is voort te zetten als bij de hooger doorgaande waarnemingen te meten is. Om te kunnen beoordeelen, of dit juist zal zijn moet men nagaan om welke redenen een ballonwaarneming wegvalt of afgebroken wordt.

In de eerste plaats heeft men te rekenen met Zon- en feestdagen; daarvoor bestaat tegen bovenstaande opvatting geen bezwaar.

Ook de tweede reden, het springen van den ballon, treedt niet systematisch bij een bepaalde windverdeeling op.

Dan is er een zeker percentage waarnemingen, dat niet tot groote hoogten reikt, omdat bij sterken wind de ballon spoedig ver verwijderd is, waardoor de waarnemer hem niet meer ziet. Aangezien, zooals we op bladzijde 22 zagen, de toeneming van de snelheid ook van de snelheid zelf afhankelijk is, vormt het uitvallen van deze waarnemingen wel een bezwaar voor bovenstaande opvatting. Men kan verwachten, dat hierdoor de gevonden gemiddelden te klein uitvallen; echter geeft de methode van gewone middeling hier evenmin een verbetering, daar hierbij toch ook systematisch de hooge waarden wegvallen.

Het meest zal wel een waarneming door bewolking worden onderbroken; in hoeveel % van de gevallen is niet bekend, maar we kunnen wel trachten er met behulp van het tabelletje op bladzijde 11 een schatting van te maken. Dit tabelletje heeft betrekking op ongeveer 6260 waarnemingen, nl. $7304 \times \frac{6}{7}$, omdat des Zondags de waarnemingen meestal vervallen. Daar het zelden voorkomt, dat een ballon bij krachtigen wind al op 2000 meter hoogte onzichtbaar is, moet het afvallen van 3800 waarnemingen op deze hoogte hoofdzakelijk aan bewolkingsinvloeden toe te schrijven zijn. Men mag dus wel concludeeren, dat in minstens 60 %, waarschijnlijk in 70 à 80 % van de gevallen het wolkendek het volgen van den ballon belemmerde. De ballon kan door een lage gebroken bewolking „onderschept" worden, of werkelijk in de wolken zelf verdwijnen. Indien zich in het laatste geval op de hoogte van de wolken of daarboven een groote temperatuuromkeer bevindt en het inversie-vlak sterk helt, zouden hier inderdaad windrichting en windsnelheid aanzienlijk kunnen veranderen. Dit doet zich echter alleen voor bij gesloten Strato-Cumulus-bewolking en dikwijls is hier het bedrag van den temperatuuromkeer vrij gering. Als compensatie komen ook bij onbewolkten hemel talrijke inversies voor. Ook hier zijn dus geen tegenwerpingen tegen de verschilmethode te maken.

Dit ontbreken van ernstige bezwaren tegen de verschilmethode als bewerkingswijze voor de hoogtestappen boven 1000 meter beteekent dus, dat nu het voordeel voor den stap tot 1000 meter duidelijk is gedemonstreerd, dit voordeel ook voor grootere hoogten aangenomen mag worden.

Ten slotte is hieronder om het nut der verbeterde verschilmethode ook voor de grootere hoogten uit te laten komen, van morgen en middag van den Zomer een tabelletje gegeven bestaande uit langs diverse wegen berekende waarden. B geeft de gemiddelden volgens de eenvoudige verschilmethode, D volgens de verbeterde verschilmethode met de vier kwadranten en E volgens de verbeterde verschilmethode met de weertypen.

Morgen, Zomer.

Hoogte	N.-S.-comp.			E.-W.-comp.			Snelheid			
	B	D	E	B	D	E	B	D	E	
40 m	—4.3	—4.3	—4.3	— 4.5	— 4.5	— 4.5	14.6	14.6	14.6	km p.u.
40— 540 ,,	—4.6	—4.1	—3.4	—11.0	—12.1	—12.2	27.6	28.4	27.6	,,
540—1040 ,,	—3.8	—3.1	—2.5	—15.2	—16.6	—16.7	32.2	33.5	32.6	,,
1040—1540 ,,	—3.9	—3.3	—2.5	—17.8	—19.0	—18.9	33.0	34.6	34.1	,,
1540—2040 ,,	—3.7	—3.1	—2.4	—21.3	—22.4	—22.4	35.4	37.4	37.0	,,
2040—2540 ,,	—3.4	—2.7	—2.9	—22.9	—23.7	—24.1	36.7	38.8	38.5	,,
2540—3040 ,,	—2.4	—1.6	—2.3	—24.4	—24.7	—25.3	38.6	40.7	40.7	,,
3040—4040 ,,	—2.1	—1.4	—2.1	—28.3	—28.2	—27.8	42.3	44.6	43.3	,,

Middag, Zomer.

Hoogte	N.-S.-comp.			E.-W.-comp.			Snelheid			
	B	D	E	B	D	E	B	D	E	
40 m	—1.4	—1.4	—1.4	— 8.1	— 8.1	— 8.1	19.0	19.0	19.0	km p.u.
40— 540 ,,	—2.4	—2.4	—2.5	—11.7	—11.0	—12.8	25.4	25.5	25.8	,,
540—1040 ,,	—6.2	—6.0	—5.8	—15.4	—16.0	—17.7	30.2	30.4	30.4	,,
1040—1540 ,,	—7.4	—7.0	—6.7	—19.1	—19.2	—19.6	32.5	33.0	32.6	,,
1540—2040 ,,	—7.4	—7.0	—7.1	—22.9	—22.8	—22.6	34.9	35.6	35.4	,,
2040—2540 ,,	—6.9	—6.7	—7.8	—25.9	—25.4	—25.2	36.7	37.5	37.1	,,
2540—3040 ,,	—6.1	—5.8	—7.5	—29.1	—28.7	—28.4	39.5	41.1	40.2	,,

Uit deze cijfers blijkt, dat de absolute waarde van het verschil tusschen D en E over het algemeen kleiner is dan die tusschen D en B. Verder geeft vooral bij de beide componenten de gang van B via D naar E als het ware een toenemende verbetering van de uitkomsten aan. De grootere waarden van D en E voor de E.-W.-component en de snelheid staan in verband met het op geringere hoogten afbreken van de krachtige Westenwindwaarnemingen, waardoor juist de getallen van B te klein uit zullen vallen. Om deze redenen mag men dan ook de resultaten onder D en E als de beste beschouwen, terwijl de keuze van D als voldoend nauwkeurige bewerkingsmethode door bovenstaande wordt gerechtvaardigd.

Tenzij anders vermeld, is bij de berekening der in het vervolg gegeven totaalgemiddelden methode D gevolgd.

HOOFDSTUK V.

DE WINDSNELHEID, *V*, OP VERSCHILLENDE HOOGTEN IN DE ATMOSFEER.

Morgen- en middagwaarnemingen zijn afzonderlijk en samen bewerkt. Allereerst dient opgemerkt te worden, dat de verdeeling der aantallen waarnemingen over de vier kwadranten des morgens en des middags verschillend is (zie tabellen 1 tot 4). Dit komt, omdat de dagelijksche gang van den wind aan den grond een waarneming van het eene kwadrant naar het andere kan overbrengen. Voor den Zomer is het procentueele aantal, dat begint in het:

	N.-	E.-	S.-	W.-	kwadrant
des morgens:	14	15	38	33	%
des middags:	21	9	28	43	%

Voor den Winter vindt men in het

	N.-	E.-	S.-	W.-	kwadrant
des morgens:	9	23	43	25	%
des middags:	10	22	39	29	%

Men ziet, dat de zwakkere Zomerwinden den in dit jaargetijde sterken dagelijkschen gang in hooge mate ondergaan. Oosten- en Zuidenwinden nemen des middags af in aantal, Noorden- en Westenwinden groeien in aantal. De verandering is zoo sterk, dat de verhouding $\frac{S}{W}$, evenals $\frac{E}{N}$ van een waarde grooter dan 1 tot een waarde kleiner dan 1 wordt. Ongetwijfeld spreken hierbij de zeewinden van Zuiderzee en misschien zelfs van Noordzee een belangrijk woordje mee. De resultaten der aparte kwadranten voor morgen en middag moet men dus in den Zomer liever niet met elkaar vergelijken. Voegt men ze toch bij elkaar dan geeft het gemiddelde wel een denkbeeld van het algemeene gedrag van den wind in een kwadrant, hoewel wat minder zuiver dan bij de afzonderlijke beschouwing van morgen- en middagwaarden. Des Winters bij de krachtiger winden en den geringer dagelijkschen gang ontloopen de verhoudingen van de aantallen morgen- en middagwaarnemingen elkaar slechts weinig.

In de tabellen 5 tot 19 (bladzijde 85 tot 92) zijn voor de windsnelheid, *V*, de waarden gepubliceerd, wanneer men van de aparte maanden over minstens 10 waarnemingen op het betreffende niveau beschikte: voor de jaargetijden ligt de grens bij 20, voor het jaar bij 30 waarnemingen. De waarden van de jaargetijden en het jaar zijn niet bepaald uit de gevonden gemiddelden voor de aparte maanden, doch zijn samenvattingen van het geheele daarvoor in aanmerking komende materiaal. Dit heeft wel het bezwaar dat sommige maanden met veel hooge opstijgingen op het jaargetijde- en jaargemiddelde meer invloed hebben dan andere maanden; daartegenover staat, dat het het geven van een indruk van de windverhoudingen tot op veel grootere hoogten mogelijk maakt.

De gegevens voor jaargetijde en jaar in diverse kwadranten toonen de figuren 5, 6, 7, 8 en 9 (gemiddelde van morgen en middag).

Een aantal bijzonderheden zal hieronder nader besproken worden.

A. Jaarlijksche gang, vergelijking van morgen- en middagwaarden.

1. *Het grondniveau.* Aangezien de waarden voor grootere hoogten als het ware zijn opgebouwd uit die van 40 m hoogte moeten deze laatste eerst even worden beschouwd. Een jaarlijksche gang is hierin duidelijk te onderkennen. Onderstaand staatje geeft de amplitudo voor morgen en middag in de aparte kwadranten en voor alle waarnemingen te samen:

	Noord	Oost	Zuid	West	Alles	
Amplitudo morgen:	8	6	6	6	5	km per uur
,, middag:	5	7	5	6	4	,,

Voor den morgen bedraagt de amplitudo 25 à 35, voor den middag 20 à 25 % van de maximale waarde.

Het karakter van den jaarlijkschen gang en de ligging van de extremen zijn in de aparte kwadranten zeer verschillend.

Het gemiddelde uit alle kwadranten heeft zijn maximum in Januari of Februari, zijn minimum in het zomerhalfjaar (des morgens in Juni, des middags in September).

Daar de gemiddelden voor vaste tijden berekend zijn, is de jaarlijksche gang dikwijls gestoord door den dagelijkschen gang.

De vergelijking van de morgen- en middagwaarden levert het bekende feit van het krachtiger worden van den middagwind.

Ten slotte mag nog opgemerkt worden, dat er geen groote verschillen blijken te bestaan tusschen onze gemiddelden voor 10 jaar en de normalen over 27 jaar van Braak (30).

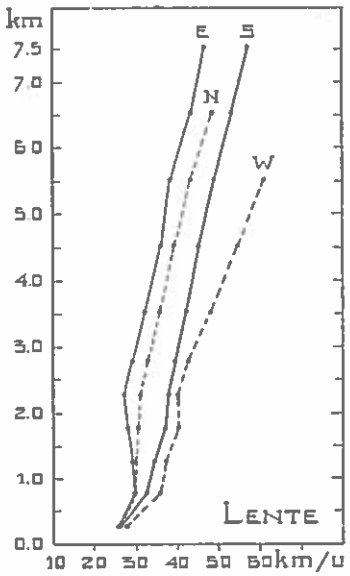

Fig. 5. Gemiddelde windsnelheid in diverse kwadranten voor de Lente.

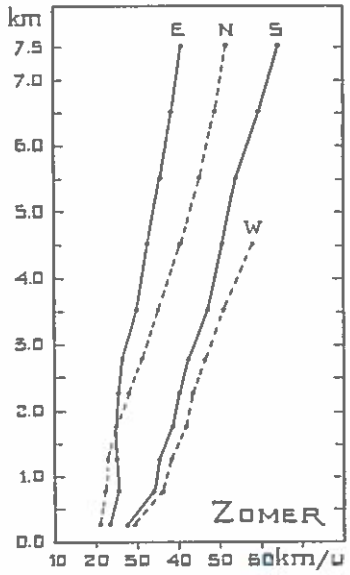

Fig. 6. Gemiddelde windsnelheid in diverse kwadranten voor den Zomer.

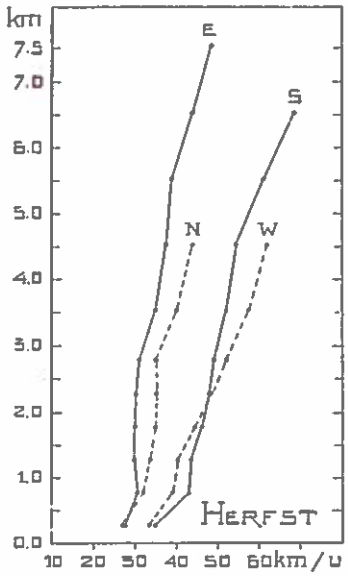

Fig. 7. Gemiddelde windsnelheid in diverse kwadranten voor den Herfst.

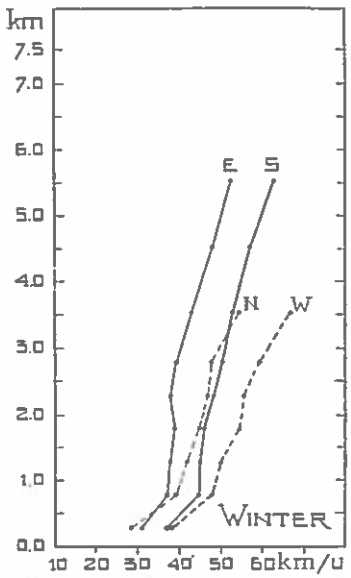

Fig. 8. Gemiddelde windsnelheid in diverse kwadranten voor den Winter.

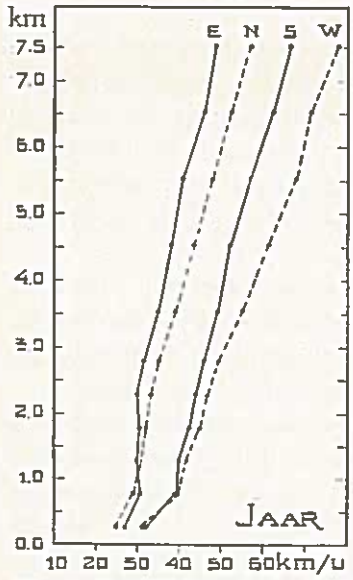

Fig. 9. Gemiddelde windsnelheid in diverse kwadranten voor het geheele jaar.

2. *Op het niveau van 40—540 meter* is de jaarlijksche gang veel sprekender, de amplitudo is grooter. Het minimum voor het gemiddelde uit alle kwadranten valt omstreeks Mei en Juni, het maximum omstreeks December en Januari. Voor de aparte kwadranten liggen de extremen verschillend, hetgeen ook reeds bij het grondniveau was op te merken; bovendien vertoonen zij t.o.v. die van het 40 m niveau over het algemeen vervroegingen.

Deze verschuivingen moeten worden toegeschreven aan de turbulentie. Zooals reeds betoogd zijn snelheidsturbulentie en convectie in hooge mate afhankelijk van den verticalen temperatuurgradient. Gegevens betreffende den jaarlijkschen gang van dezen gradient bij verschillende windrichtingen bestaan nog niet. Van alle waarnemingen te samen geven onderstaande getallen voor Soesterberg te ongeveer 8 uur (wettelijken tijd) de temperatuursverschillen tusschen den grond en 500 m (A) en tusschen 500 en 1000 m (B).

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
A:	0.2	0.0	0.8	2.4	2.2	2.3	1.9	1.1	—0.2	0.3	—0.2	—0.1° C.
B:	1.9	1.9	2.6	3.0	2.8	2.9	2.7	2.9	2.9	2.6	2.0	1.7° C.

De turbulentie moet dus van Januari naar April snel toe-, na Augustus weer snel afnemen; bij de verschillende windrichtingen kunnen deze perioden van snel groeien of verminderen wel eenigszins anders vallen.

Wanneer, zooals in sommige kwadranten wel het geval zal zijn, in de bovenste der twee beschouwde lagen de maximale windsnelheid in de periode van snel aangroeiende turbulentie valt, zal vooral als daar het verloop van het maximum naar het minimum vlak is, ten gevolge van het toenemende impulstransport naar beneden, aan den grond een verschuiving van het maximum naar een later tijdstip kunnen optreden. Valt in de bovenste der twee beschouwde lagen het minimum in de periode van snel verminderende turbulentie, dan zal dit aan den grond eveneens een verlating kunnen ondergaan.

Dat deze verschuivingen bij onderscheiden windrichtingen zoo verschillend zijn, is niet verwonderlijk, gezien de verschillen zoowel in karakter van den jaarlijkschen gang van de windsnelheid als in verticalen temperatuuropbouw bij diverse windrichtingen. Bij Noord zijn de maxima van het 40 m niveau 4 of 5 maanden later dan die van het 40—540 m niveau, de minima 1 of 2 maanden; bij Oost treedt des middags een verlating van het maximum op, de minima blijven onveranderd; Zuid geeft evenals West slechts een geringe verschuiving van de extremen te zien.

In de som over alle kwadranten komen deze verschuivingen niet meer zoo sprekend tot uiting, omdat de effecten der afzonderlijke kwadranten elkaar storen, of verdoezeld worden door gevallen, waarin zij door een ander verloop van extreem naar extreem niet te voorschijn kunnen treden.

Het verschil in turbulentie op morgen en middag komt bij vergelijking van tabel 17 en 18 duidelijk voor den dag. Waren op het 40 m niveau alle windsnelheden van den middag grooter dan die van den overeenkomstigen morgen, op het hier beschouwde niveau is de middagwind in alle maanden zwakker dan de morgenwind. Waarschijnlijk is het verschil morgen—middag in Juni het kleinst, omdat ten gevolge van de vroege zonsopkomst in deze maand de convectie te ongeveer 8 uur reeds in de onderste paar honderd meter van de atmosfeer is doorgedrongen. In de maanden met sterke convectie reikt deze verder in den middag zoo hoog, dat van de grootere snelheden der bovenlagen ook aan de laag van 40—540 m nog iets ten goede komt.

Het kleine verschil in de wintermaanden kan zoowel met de geringe dagelijksche verwarming en de daardoor veel zwakkere convectie-invloeden als met de over het algemeen grootere snelheidsturbulentie, welke dan ook des nachts aanwezig is, in verband worden gebracht.

Tusschen deze beide volkomen verklaarbare minimum-verschillen van morgen- en middagwaarden voor Zomer en Winter vindt men de maximale verschillen van Lente en Herfst.

3. *Het niveau 540—1040 meter.* De jaarlijksche gang is hier nog duidelijker. Bedraagt de amplitudo op 40—540 m 12.5 km per uur, in dit niveau is zij 16,5 km per uur (zie tabel 19). Eenige verschuivingen van maximum en minimum treden in de aparte kwadranten op, gedeeltelijk wellicht door toevalligheden, gedeeltelijk wel weer door de turbulentie veroorzaakt. De asymmetrie van de ligging der extremen is in sommige kwadranten nog opvallender geworden.

Voor het totale gemiddelde hebben de verschuivingen weinig te beteekenen.

Het verschil tusschen morgen en middag (zie tabel 17 en 18) is in de wintermaanden kleiner dan 1 km per uur, voor den zomertijd varieert het tusschen

2 en 3 km per uur. In Juni bestaat nog eenige aanduiding van een secundair minimum.

4. *Het niveau van 1040—1540 meter.* De amplitudo van den jaarlijkschen gang is (zie tabel 19) iets kleiner dan op het daaronder gelegen niveau. Het minimum voor alle kwadranten valt, zooals uit tabellen 17 en 18 blijkt, wat vroeger; in tabel 19 komt dit nog niet tot uiting. Voor het maximum is practisch geen verschuiving aanwezig. De voor de aparte kwadranten reeds hierboven genoemde asymmetrische ligging van de extremen begint zich door de verplaatsing van het minimum nu in de tabellen 17 en 18 duidelijker merkbaar te maken.

Over het algemeen is in het zomerhalfjaar de middagwind zwakker dan de morgenwind; voor de wintermaanden treden geen opvallende systematische verschillen tusschen morgen en middag op.

5. *Het niveau van 1540—2040 meter.* De amplitudo is ongeveer gelijk aan die van het bovenbeschouwde niveau. Het minimum verschuift in tabel 19 naar April, het maximum blijft op zijn plaats. Uit de kolommen voor de jaargetijden blijkt, dat in Lente, Zomer en Herfst de middagsnelheden iets kleiner zijn dan de morgensnelheden.

6. *De hoogere niveaux.* De amplitudo schijnt hier weer iets grooter te worden. Maximum en minimum liggen in Januari en April. Kleine verschillen tusschen morgen en middag zijn nog aanwezig; het is echter de vraag, of men hieraan eenige beteekenis mag toekennen.

Van de hierboven besproken gegevens zijn die van tabel 19 in figuur 10 tot isoplethen samengevat. Zij geeft op overzichtelijke wijze den jaarlijkschen gang aan. Zoowel de verschuiving van het minimum als de asymmetrische ligging der extremen in de hoogere niveaux komen duidelijk tot uiting. Men ziet, hoe de windsnelheid in de vrije atmosfeer zeer steil van maximum naar minimum zakt, om daarna aanvankelijk langzaam, in October sneller en vervolgens weer langzamer te klimmen. De realiteit van dit verloop wordt bevestigd door gegevens van andere West-Europeesche stations o.a. Lindenberg en Friedrichshafen (20). Ook hier vallen de minima „te vroeg".

„Te vroeg", omdat de gebruikelijke opvatting omtrent de oorzaak van den jaarlijkschen gang der windsnelheid op onze breedten deze is: dat des winters de grootste, des zomers de kleinste snelheden worden waargenomen, aangezien in deze jaargetijden de temperatuursverschillen tusschen lagere en hoogere breedten resp. het grootst en het kleinst zijn en dus de algemeene circulatie resp. het sterkst en het zwakst is.

Of dit waar is zal eerst nader onderzocht worden. Zeker is het juist, dat

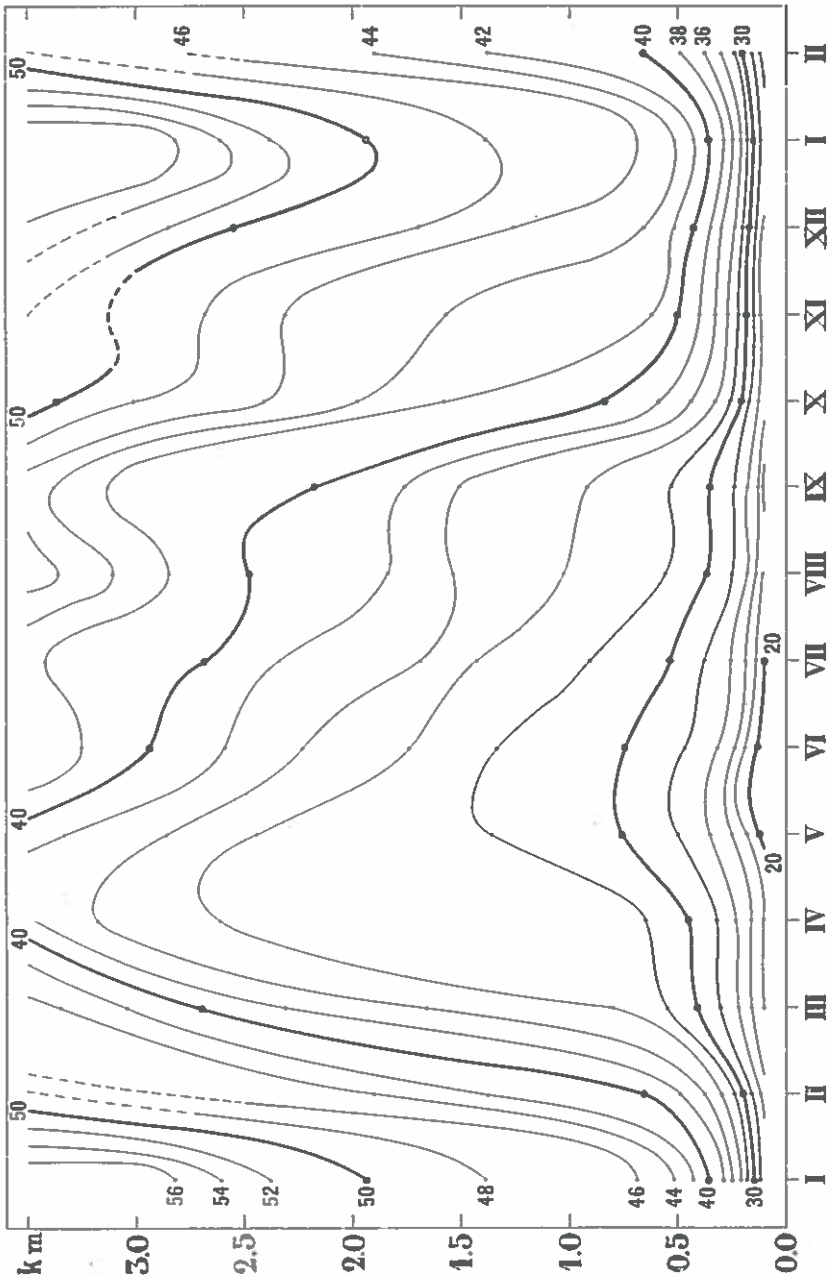

Fig. 10. Isoplethen van de windsnelheid.

binnen het poolgebied aan den grond in Januari of Februari de laagste en in Juli de hoogste temperaturen worden aangetroffen, maar in den Zomer behoeven de temperatuursverschillen tusschen hoogere en lagere breedten in de *bovenlucht* nog niet minimaal te zijn. En men zal zeker niet uit de vergelijking der temperatuurwaarden bij den grond, welke belangrijken invloed van sneeuw en ijsbedekking ondergaan, tot meer of minder sterke circulatie-verschijnselen mogen besluiten. De luchtmassa's, welke de circulatie in gang zetten, moeten een vrij groote verticale uitgestrektheid hebben.

Een vergelijking van de gemiddelde temperatuursverschillen op verschillende hoogten in de atmosfeer is dus zeker van groot belang. Helaas zijn zoowel van het poolgebied als van de omgeving van de keerkringen de waarnemingen en de daaruit berekende maandgemiddelden nog zeer schaarsch. De door Hergesell (31) gepubliceerde opstijgingen uit de omgeving van Spitsbergen hebben hoofdzakelijk bij mooi, kalm weer plaats gehad. De door Rolf (32) bewerkte registreerballon-waarnemingen van Abisko geven wellicht ook aan bepaalde weerstoestanden de voorkeur; zij zijn betrekkelijk klein in aantal. Het beste geven waarschijnlijk de voor het internationale pooljaar berekende gemiddelden van Reykjavik de temperatuurverdeeling in de vrije atmosfeer boven het poolgebied weer (33), hoewel men niet uit het oog verliezen mag, dat de resultaten der verschillende maanden niet op gelijke waarnemingsgetallen berusten, dus de gemiddelden zeker niet in iedere maand even betrouwbaar zijn.

Van de temperatuur der vrije atmosfeer in het keerkring-gebied ten Zuiden van Europa is nog weinig of niets bekend. Van Madrid beschikt men over slechts 96 waarnemingen, voor Vigna di Valle (Rome) zijn nog geen maandgemiddelden berekend (34). Het beste is het wellicht de resultaten van twee jaar waarnemingen op den Pico de Teyde (Teneriffa, 3700 meter) te vergelijken met de IJslandsche vliegtuigopstijgingen (35).

Het resultaat van deze vergelijking is het volgende:

temperatuur Pico de Teyde minus Reykjavik op 3700 meter hoogte,

in	J.	F.	M.	A.	M	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
	16.2	17.3	14.2	11.7	13.3	13.3	12.5	16.7	18.5	18.7	**21.4**	19.2 °C.

Inderdaad blijkt een minimum-verschil in April aanwezig te zijn, terwijl het maximum in November valt. Gedurende de maanden November, December, Januari en Februari waren te Reykjavik echter slechts resp. 18, 17, 8 en 23 waarnemingen verricht, zoodat het maximale verschil ook wel in een van deze laatste drie maanden vallen kan.

Met eenige reserve zal men dus inderdaad kunnen beweren, dat de minimum-temperatuursverschillen in April een minder krachtige algemeene circulatie zullen mede brengen, hetgeen zich uit in een minimum van de windsnelheid in de hoogere luchtlagen.

De geleidelijke verschuiving van het minimum naar een later tijdstip bij afnemende hoogte kan gedeeltelijk, misschien zelfs geheel, op dezelfde wijze met de turbulentie in verband staan als in de aparte kwadranten is toegelicht.

Uit de gemiddelde temperatuursverschillen te Soesterberg tusschen 1000 en 1500 en tusschen 1500 en 2000 m, welke hieronder volgen, mag men wel concludeeren, dat in April en Mei des morgens een hooger reikende turbulentie mogelijk is dan in Juni.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
1000—1500 m	2.2	2.2	2.5	2.9	2.9	2.6	2.7	2.8	2.6	2.3	2.1	2.0	° C.
1500—2000 ,,	2.1	2.1	2.3	2.8	2.8	2.5	2.6	2.5	2.2	2.3	2.1	2.1	,,

Het benedenwaartsche impulstransport zal in April en Mei relatief grooter zijn dan in Juni, hetgeen de verschuiving tusschen 1040—1540 en 540—1040 m van tabel 17 begrijpelijk maakt.

Het ontbreken van de kennis omtrent de verticale temperatuurgradienten op den middag laat niet toe op dezelfde wijze uit te maken, of de verschuiving van April naar Mei in tabel 18 (en daardoor ook in tabel 19) aan sterker en hooger reikende turbulentie in April is toe te schrijven. Uit de beschouwingen hieronder wordt dit echter wel waarschijnlijk.

B. De windsnelheidsverandering met de hoogte beneden 1000 meter; wrijving en turbulentie.

De snelheidsverandering beneden 1000 m is hoofdzakelijk een wrijvingseffect. Bekijkt men van laag tot laag de snelheidstoeneming, uitgedrukt in procenten van de snelheid in de benedenste der beschouwde niveaux, dan kan men uit deze getallen een denkbeeld krijgen van de mate van turbulentie in de verschillende maanden Voor de sprongen van 40 naar 40—540 en van 40—540 naar 540—1040 m vindt men de volgende cijfers:

		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 tot 40—540 m	Morg.	89	75	72	60	68	78	88	104	110	107	92	87	68	94	102	86	85 %
	Midd.	60	45	24	19	28	32	30	42	42	53	64	71	24	34	52	59	40 %
40—540 tot 540—1040 m	Morg.	20	22	18	18	22	22	20	13	12	17	21	24	20	18	17	21	18 %
	Midd.	29	26	28	16	18	15	22	21	23	27	31	27	21	19	27	28	24 %

Voor de beoordeeling van dit tabelletje moet men het volgende bedenken.

Bij een geringe turbulentie zijn de waarden voor den stap van 40 naar 40—540 m groot, voor den stap van 40—540 naar 540—1040 m klein. Treedt sterker turbulentie tusschen 40 en 40—540 m op, dan groeit de windsnelheid op 40 m en neemt zij op 40—540 m af, d.w.z. voor den eersten stap worden de waarden kleiner, voor den tweeden grooter. Werkt de turbulentie nu ook nog tot het niveau 540—1040 m door, dan heeft eveneens uitwisseling tusschen 40—540 en 540—1040 m plaats, dus worden de getallen voor den tweeden stap weer kleiner. Eenige voorzichtigheid is bij de beschouwingen van de getallen voor den sprong van 40—540 naar 540—1040 m wel geboden, omdat hier de invloeden van de horizontale temperatuurgradienten t.o.v. die der wrijving al niet meer te verwaarloozen zijn.

Morgen. Er blijkt nu, dat des morgens in de maanden Augustus, September en October de strooming het minst turbulent is. De sterkste turbulentie vertoont April. Juni en Juli geven getallen ongeveer gelijk aan die van November tot Februari. De verwarming tot 8 uur in deze zomermaanden veroorzaakt dus een convectie slechts iets grooter dan de snelheidsturbulentie der grootere windsnelheden in den Winter.

De invloed van den verticalen temperatuurgradient komt het aardigst tot uiting in de vergelijking van de symmetrisch ten opzichte van Juni gelegen maanden; in Juli is het temperatuurverval nl. kleiner dan in Mei, in Augustus kleiner dan in April en in September kleiner dan in Maart. Hiermede is de grootere verticale uitwisseling der laatstgenoemde maanden in overeenstemming. Slechts het verschil tusschen October en Februari kan men niet op deze wijze verklaren.

Middag. De middaguitkomsten, alle betrekking hebbend op het tijdstip van den dag, waarop maximale convectie optreedt, vertoonen voor den sprong van 40 tot 40—540 m in iedere maand een geringere toeneming dan des morgens. Dat in April de aangroeiing slechts 19 % bedraagt, bewijst hoe sterk de turbulentie in deze maand is.

Voor den stap van 40—540 naar 540—1040 m hebben alle maanden, met uitzondering van April, Mei en Juni, een grootere morgen- dan middagwaarde, geheel in overeenstemming met de sterker turbulentie. De nog krachtiger en hooger reikende turbulentie in April, Mei en Juni zal in deze maanden weer lager middag-getallen mede kunnen brengen.

Interessant is het verder de uitkomsten van de verschillende kwadranten met elkaar te vergelijken. Wegens de kleinere waarnemingsaantallen doen zich toevallige toe- of afnemingen in de aparte maanden sterker gevoelen, zoodat wij de cijfers slechts voor de jaargetijden geven.

NOORD.		L.	Z.	H.	W.	J.
40 tot 40—540 m	morgen	64	72	122	95	81 %
	middag	21	13	52	38	27 %
40—540 tot 540—1040 m	morgen	17	6	14	26	15 %
	middag	6	5	21	51	16 %

OOST.		L.	Z.	H.	W.	J.
40 tot 40—540 m	morgen	69	98	103	91	86 %
	middag	17	28	40	60	36 %
40—540 tot 540—1040 m	morgen	7	5	3	16	8 %
	middag	20	16	35	27	25 %

ZUID.		L.	Z.	H.	W.	J.
40 tot 40—540 m	morgen	61	102	94	79	81 %
	middag	25	31	52	59	41 %
40—540 tot 540—1040 m	morgen	20	17	19	19	19 %
	middag	29	24	28	27	27 %

WEST.		L.	Z.	H.	W.	J.
40 tot 40—540 m	morgen	77	93	112	91	93 %
	middag	28	47	57	63	47 %
40—540 tot 540—1040 m	morgen	32	27	22	26	26 %
	middag	25	22	26	23	23 %

Er moet op attent worden gemaakt, dat de morgen- en middaguitkomsten onderling niet vergelijkbaar zijn (zie ook bladzijde 34).

Er komt een systematisch verschil tusschen de Zuid- en West-kwadranten eenerzijds en de Noord- en Oost-kwadranten anderzijds vooral voor den sprong van 40—540 naar 540—1040 m tot uiting. Dit kan niet geheel en al met de turbulentie in verband staan; het zal ten deele veroorzaakt zijn door horizontale temperatuurgradienten, terwijl, zooals later zal blijken, ook land- en zeewinden van Zuiderzee en misschien zelfs van Noordzee zich nog eenigermate laten gelden. Men moet daarom voor de vergelijking van den graad van turbulentie der diverse kwadranten liever alleen de gegevens van den stap 40 naar 40—540 m beschouwen.

Morgen. In alle kwadranten heeft de Lente de grootste, de Herfst de kleinste turbulentie; alleen het Zuid-kwadrant vertoont des Zomers een geringer turbulentie dan tijdens den Herfst. In de Lente loopen de verschillen tusschen de kwadranten niet veel uiteen. In den Zomer vertoont Noord de grootste, Zuid de kleinste turbulentie; in den Herfst is dit juist andersom. In den Winter loopen de getallen weer weinig uiteen.

Middag. Lente en Zomer hebben de grootste, Herfst en Winter de kleinste turbulentie. Tijdens de Lente zijn de verschillen tusschen de kwadranten weer vrij klein. In den Zomer stroomt de Noordenwind het meest, de Westenwind het minst turbulent. De Herfst geeft weinig uiteenloopende getallen te zien, terwijl in den Winter Noord opvallend turbulenter schijnt te zijn dan de andere kwadranten.

Een vergelijking van deze uitkomsten met de temperatuurgradienten in de kwadranten is nog niet mogelijk. In de publicaties van Cannegieter (1, 2) is een andere indeeling in kwadranten gevolgd, bovendien omvatten zij slechts een korte reeks, terwijl de waarnemingen meestal op een later tijdstip van den dag plaats vonden.

Ten slotte moet er nog op attent gemaakt worden, dat de onmiddellijke omgeving van het K.N.M.I. de windaanwijzing op 40 m kan beinvloeden. Voor Noorden- en Westenwinden mag men beneden anemometerhoogte een sterker turbulentie verwachten dan voor Oosten- en Zuidenwinden. Voor Noorden- en Westenwinden worden dus relatief kleinere snelheden op torenhoogte geregistreerd dan voor Oosten- en Zuidenwinden.

C. De snelheidsverandering boven 1000 m in jaargetijden en jaar voor de verschillende kwadranten.

De figuren 5, 6, 7, 8 en 9 geven een overzicht van het gedrag der windsnelheid in de verschillende kwadranten voor Lente, Zomer, Herfst, Winter en het geheele jaar. De morgen- en middagwaarnemingen zijn hier samengevat ten einde toevallige afwijkingen een zoo gering mogelijken invloed te doen hebben. Duidelijk blijkt het verschil in karakter bij diverse windrichtingen. Een zuiver beeld van de *windsnelheidsverandering* per 100 m stijging geven achterstaande tabellen.

LENTE.					ZOMER.				
N.	E.	S.	W.		N.	E.	S.	W.	
0.04	-0.04	*0.34*	*0.36*	540—1040 m t. 1040—1540 m	*0.12*	*-0.04*	*0.36*	*0.56*	km p. u.
0.14	-0.14	0.48	0.46	1040—1540 ,, t. 1540—2040 ,,	0.42	0.02	0.62	0.72	,,
0.12	*-0.18*	*0.20*	*0.04*	1540—2040 ,, t. 2040—2540 ,,	0.54	0.08	*0.34*	*0.28*	,,
0.30	0.38	0.36	0.50	2040—2540 ,, t. 2540—3040 ,,	0.70	0.22	0.42	0.56	,,
0.43	0.40	0.31	0.71	2540—3040 ,, t. 3040—4040 ,,	*0.52*	0.48	0.64	0.59	,,
0.37	0.36	0.29	0.67	3040—4040 ,, t. 4040—5040 ,,	0.52	0.22	0.33	0.73	,,
0.39	0.22	0.44	0.63	4040—5040 ,, t. 5040—6040 ,,	0.46	0.66	0.33	—	,,
0.52	0.52	0.39	—	5040—6040 ,, t. 6040—7040 ,,	0.41	0.56	0.57	—	,,
—	0.34	0.40	—	6040—7040 ,, t. 7040—8040 ,,	0.27	0.46	0.44	—	,,
—	0.49	—	—	7040—8040 ,, t. 8040—9040 ,,	—	1.14	—	—	,,

HERFST.					WINTER.				
N.	E.	S.	W.		N.	E.	S.	W.	
0.34	*-0.20*	*0.14*	*0.30*	540—1040 m t. 1040—1540 m	0.54	*0.06*	*0.04*	*0.41*	km p. u.
0.26	0.10	0.48	0.80	1040—1540 ,, t. 1540—2040 ,,	0.60	0.24	0.14	0.88	,,
0.02	*-0.02*	0.42	0.80	1540—2040 ,, t. 2040—2540 ,,	0.38	*-0.12*	0.46	*0.20*	,,
0.06	0.22	*0.20*	*0.68*	2040—2540 ,, t. 2540—3040 ,,	*0.24*	0.22	0.40	0.84	,,
0.63	0.53	0.41	0.73	2540—3040 ,, t. 3040—4040 ,,	0.84	0.45	*0.37*	1.00	,,
0.41	0.23	0.24	0.43	3040—4040 ,, t. 4040—5040 ,,	—	1.02	0.38	—	,,
—	0.18	0.64	—	4040—5040 ,, t. 5040—6040 ,,	—	0.94	0.58	—	,,
—	0.48	0.75	—	5040—6040 ,, t. 6040—7040 ,,	—	—	0.64	—	,,
—	0.45	—	—	6040—7040 ,, t. 7040—8040 ,,	—	—	—	—	,,

JAAR

				N.	E.	S.	W.	
540— 1040 m	tot	1040 — 1540 m		*0.20*	*-0.06*	*0.22*	*0.42*	km per uur
1040— 1540 ,,	tot	1540— 2040 ,,		0.32	0.04	0.46	0.70	,,
1540— 2040 ,,	tot	2040— 2540 ,,		*0.28*	*-0.08*	*0.34*	*0.32*	,,
2040— 2540 ,,	tot	2540— 3040 ,,		0.38	0.28	*0.34*	0.62	,,
2540— 3040 ,,	tot	3040— 4040 ,,		0.55	0.47	0.45	0.71	,,
3040— 4040 ,,	tot	4040— 5040 ,,		0.44	0.32	0.30	0.64	,,
4070— 5040 ,,	tot	5040— 6040 ,,		0.45	0.29	0.48	0.71	,,
5040— 6040 ,,	tot	6040— 7040 ,,		0.45	0.46	0.56	0.30	,,
6040— 7040 ,,	tot	7040— 8040 ,,		0.46	0.34	0.40	0.68	,,
7040— 8040 ,,	tot	8040— 9040 ,,		0.35	0.53	0.38	—	,,
8040— 9040 ,,	tot	9040—10040 ,,		0.21	0.67	-0.04	—	,,
9040—10040 ,,	tot	10040—11040 ,,		—	0.56	—	—	,,

In het algemeen kan men zeggen: de snelheidstoeneming naar boven per 100 m hoogteverschil is voor het West-kwadrant het grootst, voor het Oost-kwadrant het kleinst, voor Zuid- en Noord-kwadrant is het weinig uiteenloopend met iets grootere waarden bij Zuid dan bij Noord.

Boven de eigenlijke wrijvingszone is volgens onze beschouwingen in Hoofdstuk I de windverandering met de hoogte afhankelijk van verticale en horizontale temperatuurgradienten. Hoewel het waarnemingsmateriaal van Cannegieter (1, 2) nogal onvolledig is, kan men er toch wel uit concludeeren, dat de verticale temperatuurgradienten bij verschillende windrichtingen niet buitengewoon sterk uiteenloopen; zij hebben voor iedere windrichting ongeveer hetzelfde effect. Bovenstaande verschillen tusschen de kwadranten zijn dus bijna geheel afhankelijk van de horizontale temperatuurverdeeling.

Richting en grootte van de horizontale temperatuurgradienten veranderen met de hoogte. Voor de onderste luchtlagen is van de *algemeene* temperatuurverdeeling onder verschillende omstandigheden wel een en ander bekend.

Zoowel in depressie als in hoogen druk neemt op onze breedte de temperatuur van Noord naar Zuid toe. Dit moet met toenemende hoogte een flinke versterking van de Westenwinden geven. De aan den grond uit het Oosten waaiende winden moeten van lagere naar hoogere niveaux aanvankelijk veel minder sterk aangroeien, kunnen zelfs afnemen, omdat dikwijls de Oostelijke componenten door nul heen overgaan in Westelijke componenten, welke dan weer sterk toenemen. Men mag niet vergeten, dat ook Noordelijke en Zuidelijke componenten op grootere hoogten degene kunnen worden, welke hoofdzakelijk de snelheidsverandering met de hoogte bepalen.

De gemiddeld van West naar Oost stijgende temperatuur in een depressie doet den Zuidenwind naar boven sterk toenemen; de bij het Noord-kwadrant ingedeelde wind moet aanvankelijk veel minder sterk aangroeien, kan zelfs afnemen. De temperatuur stijgt in een hooge-drukgebied gemiddeld van Oost naar West; hier neemt de Noordenwind sterk naar boven toe, terwijl de aan den grond Zuidelijke wind aanvankelijk veel minder snel aangroeit of zelfs afneemt. Bij Noord- en Zuid-kwadrant heeft men dus in de onderste niveaux in lage- en hooge-drukgebieden altijd een zeker percentage waarnemingen, waarbij de wind minder sterk aangroeit of zelfs afneemt, waardoor ze met hun snelheidstoeneming naar boven tusschen de uitersten van Oost en West inliggen. Verder is ook hier het draaien van den wind naar Oost of West van invloed.

Behalve van de waarde van de horizontale temperatuurgradienten in lage- en hooge-drukgebieden hangt het gemiddelde gedrag van den wind in Noord-

en Zuid-kwadrant dus ook af van de frequentie, waarmede bepaalde sectoren van hooge en lage drukking voorkomen. Voor den *Zomer* geeft de tabel op bladzijde 19 hiervan een denkbeeld. Naar boven sterk toenemenden wind uit Zuidelijke richtingen vindt men in D.E. en D.S., dus op 46 %, aanvankelijk naar boven minder sterk toenemenden of zelfs afnemenden wind uit Zuidelijke richtingen vindt men in H.N. en H.W., dus op 21 % van het totale aantal dagen. Dit licht eenigermate het op alle niveaux vrij sterke aangroeien van den zomerschen Zuidenwind toe. Naar boven sterk toenemenden wind uit Noordelijke richtingen vindt men in H.E. en H.S., dus op 15 %, aanvankelijk naar boven minder sterk toenemenden of zelfs afnemenden wind uit Noordelijke richtingen vindt men in D.N. en D.W., dus op 14 % van het totale aantal dagen. Dit maakt eenigszins begrijpelijk, waarom de zomersche Noordenwind beneden 2000 meter zoo weinig verandert.

Ten gevolge van de bovenbehandelde snelheidsvariaties met de hoogte zijn *boven* 2000 *meter* de Westenwinden het sterkst, daarop volgen de Zuidenwinden, vervolgens die uit Noord, terwijl ten slotte die uit het Oostelijke kwadrant het zwakst zijn. Onderling verschillen de Zuiden- en Westenwinden weinig in sterkte, evenals Oosten- en Noordenwinden. Met toenemende hoogte wordt het verschil tusschen de uitersten, Oost en West, steeds grooter; eveneens loopen Noord en Oost als ook Zuid en West meer en meer uit elkaar. De verschillen tusschen Noord en Zuid blijven op iedere hoogte ongeveer gelijk.

D. Nadere beschouwing van de windsnelheidsverandering tusschen 1000 en 3500 m.

W. Peppler heeft er in zijn bewerking van de windwaarnemingen tijdens den wereldoorlog aan de Belgische kust verricht reeds op gewezen, dat de windsnelheidsverandering met de hoogte in sommige tijden van het jaar twee minima vertoont (36). Het eerste ligt op ongeveer 1000 m, het tweede bevindt zich in den Winter tusschen 1500 en 2000 m en in de Lente tusschen 2000 en 2500 m. Ook A. Peppler meende in de gemiddelden voor Lindenberg deze twee minima te kunnen aanwijzen (37).

Bekijkt men nu onze getallen voor de snelheidsverandering per 100 m stijging op bladzijde 46, dan valt in de eerste plaats op, dat zich bij toenemende hoogte geen regelmatige gang voordoet. Er treden maxima en minima op, in diverse jaargetijden en kwadranten verschillend gelegen. Op de hoogere niveaux kunnen zich bij verminderend aantal waarnemingen toevalligheden laten gelden; men mag echter de gemiddelde waarden beneden 3500 m

vrij zeker achten. En het blijkt nu ook, dat onder het 3500 m niveau meestal twee minima aanwezig zijn, in de tabel op bladzijde 46 met een cursief cijfertype aangeduid; het eerste tusschen 790 en 1290 m, het tweede tusschen 1790 en 2290 m of iets hooger. *)

Van hydro-dynamisch standpunt uit lijken deze twee minima op het eerste gezicht niet zoo verwonderlijk, immers de Ekman-spiraal schrijft ook meerdere minima voor. Naar echter uit de beschouwingen van Hesselberg en Sverdrup blijkt zijn de hoogere minima zoo onbelangrijk, dat zij in het verloop van de snelheid met de hoogte wel niet meer tot uiting komen. Eén minimum (het laagste) is volkomen met hun theorie te verklaren, een tweede past er niet direct in. Men vraagt zich af, of het op andere wijze hydro-dynamisch is te beschrijven of wellicht zijn oorzaak heeft in de horizontale temperatuurverdeeling.

Het is gewenscht eerst de realiteit van de beide minima nader te onderzoeken. De tabel op bladzijde 46 leert, dat zij over het algemeen in het Zuid- en West-kwadrant het duidelijkst te voorschijn komen. Daar Zuiden- en Westenwinden de grootste snelheden vertoonen, zou het mogelijk zijn, dat het hoogste minimum veroorzaakt werd door het afbreken van de waarnemingen met sterken wind op ongeveer 1500 m. Ten einde dit na te gaan zijn uit de 24-jarige waarnemingsreeks van De Bilt voor de Lente alle waarnemingen gemiddeld, welke tot 3000 m reikten. Voor de verschillende windrichtingen krijgt men voor den morgen en den middag het volgende:

Morgen: toeneming per 100 m stijging.

	290—790	790—1290	1290—1790	1790—2290	2290—2790 m		aantal
Noord	0.88	*—0.10*	—0.04	0.36	0.52	km p.u.	99
Oost	0.56	0.02	*—0.26*	—0.20	0.30	,,	235
Zuid	0.78	*0.19*	0.40	*0.08*	0.44	,,	180
West	1.06	*0.46*	0.52	*0.16*	0.40	,,	78

Middag: toeneming per 100 m stijging.

Noord	*0.12*	*0.12*	0.16	*0.00*	0.12	,,	120
Oost	0.92	*—0.12*	*—0.12*	*—0.12*	0.24	,,	97
Zuid	1.06	0.38	*0.20*	0.22	*—0.10*	,,	70
West	*0.74*	0.82	0.52	*0.18*	0.42	,,	74

*) Voor de snelheidsveranderingen van 40 tot 40—540 en van 40—540 naar 540—1040 m vindt men steeds hooger waarden dan voor 540—1040 naar 1040—1540 m, zoodat de cursieve getallen op den eersten regel van de tabel inderdaad minima zijn.

Hieruit ziet men, dat na deze schifting op den *morgen* Zuid de twee minima duidelijk heeft behouden, terwijl voor West het onderste minimum niet zoo sprekend meer is, het bovenste echter wel. Voor Noord en Oost zijn des *morgens* de minima niet scherp doch zij doen zich over een uitgestrekte laag van 1000 à 1500 m voor. Tijdens den *middag* heeft bij Zuid het onderste minimum niet veel meer te beteekenen, het ligt hooger; ook het bovenste vindt men op grootere hoogte. West heeft het bovenste minimum voor 1790——2290 m behouden, het onderste minimum ligt echter blijkbaar lager. Bij Oost en Noord zijn de minima weer weinig ontwikkeld.

Op den keper beschouwd blijft in het Zuid-kwadrant voor den morgen het effect duidelijk aanwezig. Men moet dus trachten er een verklaring voor te vinden. Er zij nog even aan herinnerd, dat het er om te doen is, de oorzaak van het bovenste minimum op te sporen, aangezien die van het onderste door Hesselberg en Sverdrup bevredigend is aangegeven.

De gebroeders Peppler schreven de beide minima, welke zij vonden, toe aan het optreden van condensatie-niveaux op de betreffende hoogten. Men zou inderdaad wel geneigd zijn het hoog-gelegen minimum van Zuiden- en Westenwind in verband te brengen met het Stcu.-niveau, dat met hellende inversie-vlakken en omkeer van temperatuur gepaard kan gaan.

Ook is het niet onwaarschijnlijk, dat het verschijnsel wordt veroorzaakt door *dat* percentage van de winden, dat door de horizontale temperatuurgradienten met toenemende hoogte eerst afneemt en dan in de hoogere niveaux weer groeit. Met deze opvatting zijn de vlakke minima van Oost en Noord in overeenstemming. Niet begrijpelijk is het echter, waarom dan juist de Westenwinden zoo'n scherp minimum van 1790—2290 m vertoonen.

Een derde, hydro-dynamische verklaringsmogelijkheid is deze, dat bij de minder turbulente nachtelijke strooming het tweede minimum behoort, dat hoog gelegen is. De des morgens groeiende turbulentie brengt langzamerhand een geheel andere windverdeeling met de hoogte mee, maar het hooge minimum kan nog „rudimentair" blijven bestaan.

Zeker werken hier wel verschillende factoren door elkaar. Een gedetailleerder onderzoek van de loodsballonregistraties zou noodig zijn om uit te maken, welke onder bepaalde omstandigheden de belangrijkste is. Dit hoort echter in deze verhandeling niet thuis; wij zullen op deze kwestie bij een andere gelegenheid terugkomen.

HOOFDSTUK VI.

DE GEMIDDELDE LUCHTVERPLAATSING OP VERSCHILLENDE HOOGTEN.

De tabellen 20 tot 34 aan het slot geven een volledig overzicht van de Noord-Zuid- en Oost-West-componenten van de gemiddelde luchtverplaatsing; in de tabellen 35 tot 49 vindt men de bijbehoorende vectoren.

De waarden zijn, evenals in tabellen 5 tot 19, slechts dan gepubliceerd als voor maand, jaargetijde en jaar resp. 10, 20 en 30 waarnemingen ter beschikking waren. Maxima en minima zijn in de kwadranttabellen alleen voor de hoofdrichting van het betreffende kwadrant aangeduid.

Een aantal bijzonderheden is hieronder nader besproken.

A. Jaarlijksche gang van het gemiddelde van morgen en middag.

1. *Aan den grond* zijn de N.-S.- en E.-W.-componenten en daarmede de gemiddelde vectorieele waarden over het algemeen gering (tabellen 34 en 49). In de maanden November, December en Januari is de beweging uit Zuidelijke richtingen het krachtigst; in Maart, April, Mei en Juni het zwakst. De sterkste West-componenten worden in den Zomer aangetroffen. In de maanden Februari, Maart en April treden zwakke Westelijke componenten op. De grootste vectorieele verplaatsing vindt men in Januari, de kleinste in Maart (amplitudo 9 km per uur). Een secundair maximum doet zich in de zomermaanden voor, terwijl in September de vector betrekkelijk klein is.

Het valt op, dat in het koudere gedeelte van het jaar de gemiddelde luchtverplaatsing Zuid is, terwijl zij in het warmere gedeelte Westelijk blijkt te zijn.

Van de aparte kwadranten geeft April de krachtigste, September de zwakste hoofdcomponent bij Noordenwinden. De hoofdcomponent bij den Oostenwind is in April eveneens het sterkst en in September het zwakst ontwikkeld. Voor de hoofdcomponenten der Zuiden- en Westenwinden vallen de maxima in Januari en Februari, de minima in Juni en Mei.

2. *Op het niveau van 40—540 meter* zijn de Zuidelijke componenten in de wintermaanden vrij groot, in het tijdvak van Maart tot Juni is de N.-S.-component van weinig beteekenis, evenals in September. Bij de E.-W.-

component blijft in Februari, Maart en April de luchtverplaatsing nog zwak uit het Westen. In Januari is de West-beweging bijzonder krachtig geworden, terwijl men ook in Augustus een sterke West-component aantreft.

Het maximum van de vectorieele waarde valt weer in Januari, het minimum in Maart; de amplitudo bedraagt 16 km per uur. Augustus heeft weer een secundair maximum, September een secundair minimum; opvallend is de vrij geringe luchtverplaatsing in December.

De windrichting is in alle maanden belangrijk Westelijker dan op den grond, Februari vertoont nog een SSW.-wind.

In de aparte kwadranten verschuiven de extremen van de betreffende hoofdrichtingen; evenals bij de snelheid vindt dit zijn oorzaak in de turbulentie.

3. *In het 540—1040 meter niveau* wijst de N.-S.-component op een vrij krachtige verplaatsing uit het Zuiden in November, Januari en Februari, in Augustus is een secundair maximum aanwezig. In Maart en Juni is de N.-S.-component nul. De Westbeweging heeft een maximum in Januari, een secundair maximum in Juli en Augustus. In Maart en April is de beweging uit West nog zwak.

Wat de richting betreft: in Juni is de wind zuiver West, Februari en November geven de grootste afwijkingen van het Westen. De vectorieele waarde heeft weer een maximum in Januari, een minimum in Maart, een secundair maximum in Augustus, een secundair minimum in December. De vectorieele amplitudo is 19 km per uur geworden.

In het Noord-kwadrant valt het maximum van de N.-S.-component in Januari, het minimum in Juli; de amplitudo is hier belangrijk grooter dan in het 40—540 m niveau. De E.-W.-component is van Mei tot September onbeteekenend, een vrij flinke verplaatsing uit het Oosten vindt men in het winterhalfjaar.

In het Oost-kwadrant liggen de extremen van de E.-W.-component in dezelfde maanden als op het lagere niveau. De amplitudo hiervan is gegroeid. De beweging uit Zuid is t.o.v. die uit Oost al vrij belangrijk.

De Zuidelijke winden hebben vooral in Februari een krachtige Zuidcomponent, de amplitudo hiervan is t.o.v. het lagere niveau slechts weinig veranderd. De beweging uit het Westen is in sommige maanden krachtiger dan die uit het Zuiden.

Ook in het West-kwadrant geeft de West-component nauwelijks eenige amplitudoverandering t.o.v. het lagere niveau. Vooral in de Wintermaanden treedt een vrij sterke beweging uit Noord op.

4. *Op 1040—1540 meter* is in Maart en Juni de N.-S.-component weer nul, de grootste beweging uit het Zuiden vertoonen Augustus en November. De maximale West-beweging valt in Januari met een secundair maximum

in Augustus, het minimum der West-beweging wordt in Maart en April aangetroffen. De vectorieele waarde is in Januari weer het grootst, in Maart het kleinst, met een secundair maximum in Augustus en een secundair minimum in December. De amplitudo is kleiner dan op het hierboven beschouwde niveau (17 km per uur).

In het Noord-kwadrant is door het lage minimum de amplitudo van de N.-S.-component verder gegroeid. In de zomermaanden zijn de winden Westelijker geworden.

In het Oost-kwadrant is het minimum van de Oost-component een maand verlaat t.o.v. het hiervoor besproken niveau; de algemeene Oost-beweging is kleiner. De veranderingen in de N.-S.-component t.o.v. het 540—1040 m niveau loopen uiteen.

Bij het Zuid-kwadrant is de N.-S.-component weinig veranderd, de West-beweging is weer krachtiger geworden.

In het West-kwadrant is het maximum van de West-beweging naar Februari verschoven, overigens is hier weinig veranderd.

5. *Het niveau 1540—2040 meter.* De luchtverplaatsing geeft in Maart, Juni en December een Noord-component te zien, de beweging uit Zuid is in Juli, Augustus en November weer het sterkst. De E.-W.-component blijft maximaal in Januari en Augustus, minimaal in Maart. De vectorieele waarde heeft hiermede in overeenstemming maxima in Januari en Augustus, minima in Maart en December, de amplitudo bedraagt 19 km per uur en is dus weer iets grooter dan op 1040—1540 meter.

Ten opzichte van het bovenbeschouwde niveau treden in de aparte kwadranten slechts weinig veranderingen op.

6. *De hoogere niveaux.* De N.-S.-componenten gaan hier steeds minder beteekenen ten opzichte van de E.-W.-componenten. In verschillende maanden krijgt de luchtbeweging een Noordelijke tendens. Maxima en minima van de E.-W.-component blijven in dezelfde maanden liggen als op het 1540—2040 m niveau.

De vectorieele waarde heeft haar hoofdmaximum in Augustus, haar hoofdminimum in Maart; het secundaire maximum bevindt zich in Januari, het secundaire minimum in December.

Wat de kwadranten betreft: in de ligging van de extremen treden geen veranderingen op.

De gegevens van tabel 34 zijn in figuur 11 (N.-S.-component) en in figuur 12 (E.-W.-component) tot isoplethen samengevat. Van de vectoren geeft figuur 13 een denkbeeld. Alle bijzonderheden komen hierop goed tot uiting.

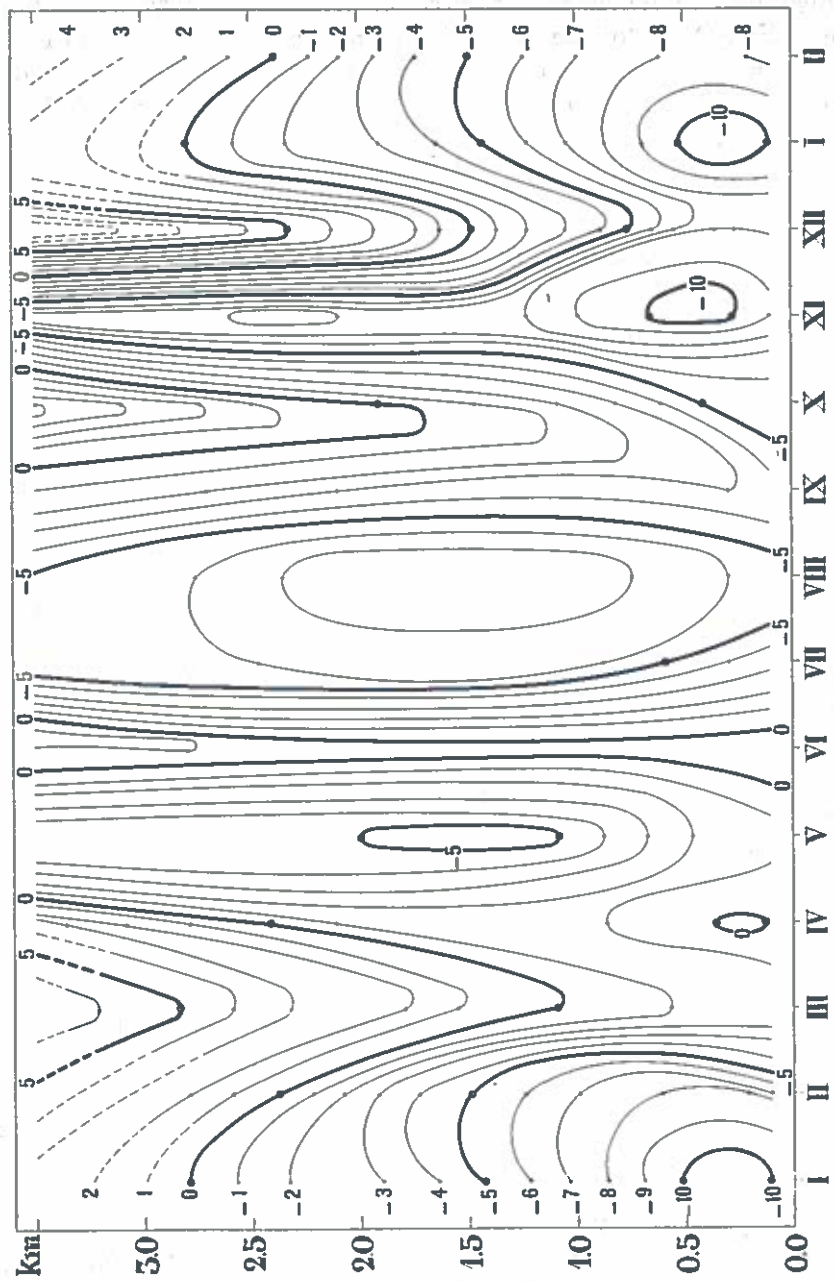

Fig. 11. Isoplethen van de N.-S.-component.

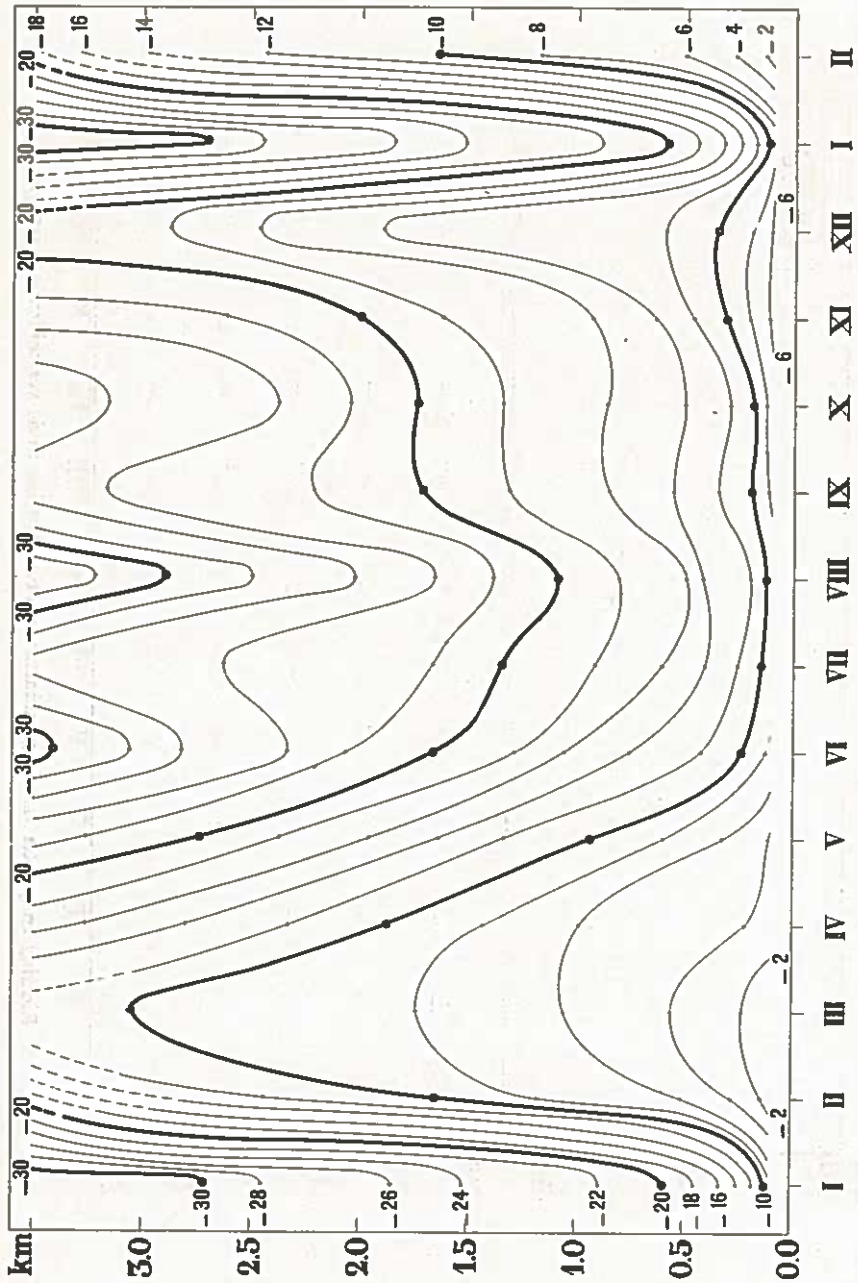

Fig. 12. Isoplethen van de E.-W.-component.

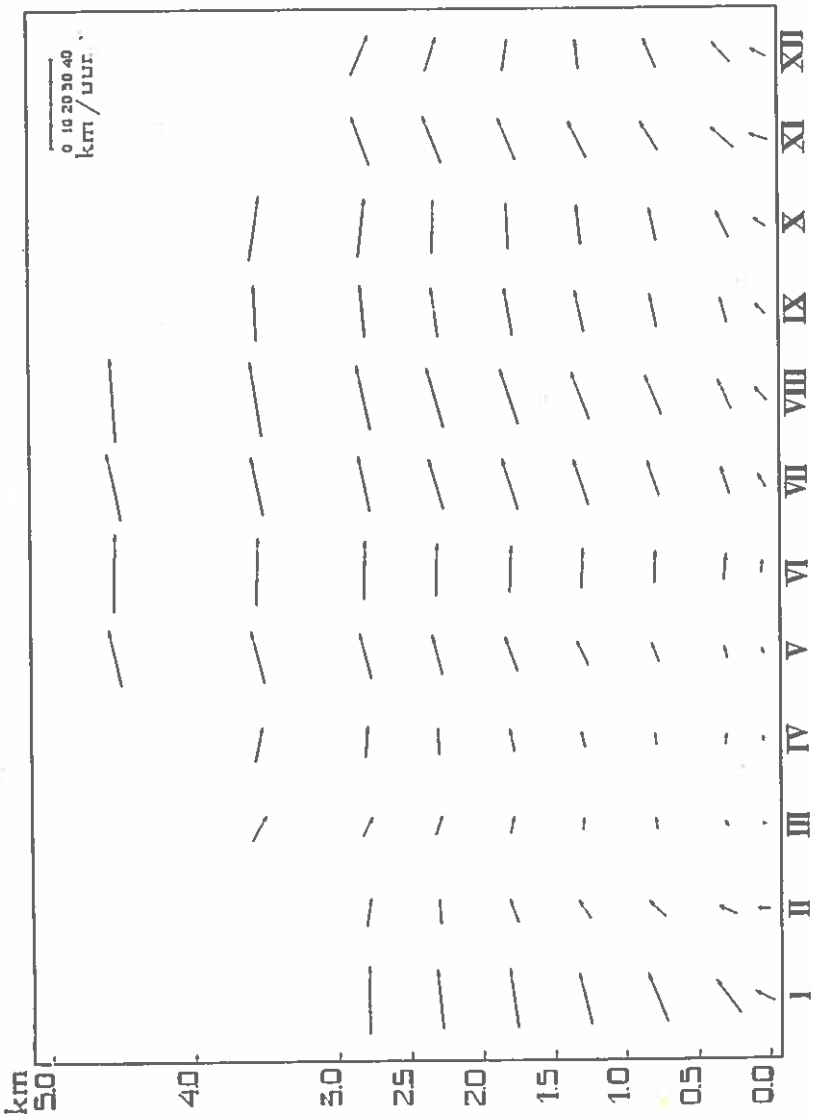

Fig. 13. Richting en grootte van de gemiddelde luchtverplaatsing in de verschillende maanden.

Op eenige bijzonderheden zij nog de aandacht gevestigd.

Tot 1000 meter hoogte is de Zuidbeweging in den Herfst en den Winter het krachtigst, in Lente en Zomer het zwakst. Reger (38), die voor Lindenberg Noordelijke zomerwinden tegenover Zuidelijke winterwinden tot 2000 meter hoogte vaststelde, beschouwt deze verschillen, die in zekeren zin dezelfde richting hebben als de onze, als een moessoneffect.

De vrij sterke Noord-component boven 2000 meter in den Winter bewijst, dat de koude der hoogere luchtlagen in dit jaargetijde niet van continentalen, doch ook van polairen oorsprong moet zijn. De koude-invallen in Maart en April („Maartsche buien") komen in de getallen voor de niveaux boven 1500 en 2000 meter sprekend tot uiting. De minimale N.-S.-verplaatsing van de Juni-maand is toe te schrijven aan de bekende invallen van koude lucht, welke bij voorkeur in de tweede decade optreden. Roediger ziet in deze koude-invallen het inzetten van den zomermoesson (39). Ook is volgens Roediger ons fraaie Septemberweder als het begin van den wintermoesson te beschouwen. In onze cijfers komt de volgens Roediger daarmede overeenkomende sterker Zuidelijke wind niet te voorschijn, eerder treft men een extreem krachtige Zuid-component in November aan. Op deze moessonkwestie komen wij bij de bespreking van de verandering der verschillende componenten met de hoogte nader terug.

De halfjaarlijksche gang in de E.-W.-component en in verband daarmede ook in de vectorieele waarde vraagt ook nog eenige nadere toelichting. Daar in de snelheid slechts een enkeljaarlijksche periode optreedt moet de dubbeljaarlijksche gang samenhangen met de bestendigheid van de winden. Het Augustus-maximum dankt zijn ontstaan aan het geringe aantal Oostenwinden in deze maand (zie Braak (30)), terwijl bovendien de snelheden hiervan klein zijn. Hoewel in April de snelheid het kleinst is, is de gemiddelde luchtverplaatsing in deze maand niet minimaal, omdat in Maart meer en iets krachtiger Oostenwinden optreden. Dat de maximale snelheid in Januari een maximalen vector medebrengt, is begrijpelijk. Het secundaire December-minimum vindt zijn oorzaak hoofdzakelijk in de buitengewoon krachtige Oostenwinden in deze maand (zie tabel 13). De betrekkelijk geringe luchtverplaatsing beneden 1000 meter in September moet verband houden met onze dikwijls mooie nazomers.

B. De windrichtingsverandering met de hoogte beneden 1000 meter.

De windrichtingsverandering met de hoogte beneden 1000 meter is hoofdzakelijk een wrijvingseffect. Men is geneigd om te trachten door vergelijking van de winddraaiing in verschillende tijden van het jaar weer een denkbeeld

te krijgen van de turbulentie onder verschillende omstandigheden, ten einde het in Hoofdstuk IVB gevondene te controleeren. Dit is niet goed mogelijk.

In de eerste plaats zij opgemerkt, dat het niet wenschelijk is de draaiingen van den algemeenen luchtverplaatsingvector te bekijken, aangezien deze sterk van de bestendigheid afhankelijk zijn.

In de tweede plaats blijkt de gemiddelde windvector veel gevoeliger voor land- en zeewind te zijn dan de gemiddelde windsnelheid. Dit is begrijpelijk, omdat de luchtverplaatsing, welke de land- en zeewind meebrengt, altijd in dezelfde richting bij de elkaar ten deele opheffende ontbondenen van de aparte windvectoren wordt opgeteld.

Onderstaand staatje geeft een overzicht van de draaiingen bij de overgangen van 40 naar 40—540 en van 40—540 naar 540—1040 meter (— = linksdraaiing).

		L.	Z.	H.	W.	J.	
Noord.							
40 tot 40— 540 m	morgen	17	14	18	19	16	graden
	middag	10	6	7	15	9	,,
40—540 tot 540—1040 m	morgen	0	—6	1	4	1	,,
	middag	9	3	3	7	7	,,
Oost.							
40 tot 40— 540 m	morgen	20	20	14	16	17	,,
	middag	4	5	6	10	8	,,
40—540 tot 540—1040 m	morgen	—4	3	0	—1	—1	,,
	middag	13	19	11	4	10	,,
Zuid.							
40 tot 40— 540 m	morgen	27	29	29	28	29	,,
	middag	10	9	13	23	13	,,
40—540 tot 540—1040 m	morgen	—4	3	0	—1	—1	,,
	middag	13	19	11	4	10	,,
West.							
40 tot 40— 540 m	morgen	17	17	28	27	22	,,
	middag	1	—1	9	14	4	,,
40—540 tot 540—1040 m	morgen	5	4	6	8	7	,,
	middag	—4	—6	5	9	1	,,

Morgen- en middaguitkomsten zijn niet onderling vergelijkbaar (zie bladzijde 34).

De uitkomsten samenvattend kan men zeggen, dat *in het algemeen* het volgende blijkt.

Van 40 *naar* 40—540 m zijn in den morgen de draaiingen veel grooter dan in den middag, geheel in overeenstemming met de verschillen in turbulentie; Lente en Zomer hebben de sterkste turbulentie; bij Zuiden- en Westenwinden wordt de kleinste turbulentie aangetroffen.

Van 40—540 *naar* 540—1040 m zijn de middagdraaiingen grooter dan de morgendraaiingen.

Opvallend is het, dat men zoowel in den morgen als in den middag linksdraaiingen aantreft. De theoretische linksdraaiing, welke Hesselberg en Sverdrup bij uitbreiding van Ekmans beschouwingen nog vonden, is zoo klein, dat zij zeker niet op een zoo duidelijke wijze te voorschijn komt. Gedeeltelijk moeten de horizontale temperatuurgradienten voor het afwijkende gedrag van de windvectoren aansprakelijk zijn, gedeeltelijk ook de land- en zeewind van Zuiderzee en misschien zelfs van Noordzee.

Land- en zeewindeffecten komen het sterkst tot uiting in den tijd van het jaar met den grootsten dagelijkschen gang, dus in Lente en Zomer. Het krimpen van den Westelijken middagwind kan bijv. aan Zuiderzeeinvloed worden toegeschreven. Immers door bijvoeging van een ongeveer Zuidwaarts gerichten vector in de onderste lagen wordt de wind daar ruimer, terwijl door toevoeging van een ongeveer Noordwaarts gerichten vector in de hoogere lagen de wind daar krimpt. Het gevolg is, dat zich voor den sprong van 40—540 naar 540—1040 m linksdraaiing voordoet. Geheel in overeenstemming met deze opvatting is voor den overgang van 40—540 naar 540—1040 m bij Oostenwind de rechtsdraaiing heel sterk.

Bij de behandeling van den dagelijkschen gang van de vectorieele luchtverplaatsing wordt op deze kwestie nog nader ingegaan.

C. De verandering van de luchtverplaatsing met de hoogte boven 750 m.

De verandering van de luchtverplaatsing met de hoogte boven 750 m is afhankelijk van de verticale en horizontale temperatuurgradienten. Het is met behulp van de formule van Margules (F) mogelijk om uit de op één plaats verkregen gegevens omtrent de windverandering met de hoogte en den verticalen temperatuurgradient den horizontalen temperatuurgradient te berekenen.

Wij herhalen formules (F) van bladzijde 5:

$$\frac{\partial v}{\partial z} = \frac{v}{T}\frac{\partial T}{\partial z} - \frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial x}$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{u}{T}\frac{\partial T}{\partial z} + \frac{g}{lT}\frac{\partial T}{\partial ij}$$

Hieruit volgt:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{l}{g}\left(v\frac{\partial T}{\partial z} - T\frac{\partial v}{\partial z}\right)$$

$$\frac{\partial T}{\partial ij} = \frac{l}{g}\left(-u\frac{\partial T}{\partial z} + T\frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

$\frac{\partial T}{\partial z}$ en $\frac{\partial v}{\partial z}\left(\text{resp. } \frac{\partial u}{\partial z}\right)$ zijn van dezelfde grootte-orde; v (resp. u) is meestal meer dan 5 à 10 maal kleiner dan T, zoodat de waarde van $\frac{\partial T}{\partial x}\left(\text{resp. } \frac{\partial T}{\partial ij}\right)$ vrijwel geheel bepaald wordt door den tweeden term van den vorm tusschen haakjes. Een fout in $\frac{\partial v}{\partial z}\left(\text{resp. } \frac{\partial u}{\partial z}\right)$ heeft dus op de uitkomst grooten invloed; wegens de toch altijd nog vrij belangrijke procentueele onzekerheid in $\frac{\partial v}{\partial z}\left(\text{resp. } \frac{\partial u}{\partial z}\right)$ mag men van de gevonden waarden van $\frac{\partial T}{\partial x}\left(\text{resp. } \frac{\partial T}{\partial ij}\right)$ geen groote nauwkeurigheid verwachten.

Willen we uit de bekende gemiddelde verandering van de luchtverplaatsing met de hoogte en den gemiddelden verticalen temperatuurgradient de gemiddelde horizontale temperatuurgradienten berekenen, dan schrijven we eerst:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{\text{gem.}} = \frac{l}{g}\left\{ \left(v\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{\text{gem.}} - \left(T\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}\right\}$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial ij}\right)_{\text{gem.}} = \frac{l}{g}\left\{ -\left(u\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{\text{gem.}} + \left(T\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}\right\}$$

Nu moet opgemerkt worden, dat ons wel de waarden van $(u)_{\text{gem.}}$, $(v)_{\text{gem}}$, $\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$, $\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$ en $\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$ bekend zijn, doch niet $\left(v\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$, $\left(u\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$, $\left(T\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$ en $\left(T\frac{\partial u}{\partial z}\right)_{\text{gem.}}$. In het algemeen is het gemiddelde van een product niet gelijk aan het product van de gemiddelden der afzonderlijke factoren. Hoe kleiner echter de gemiddelde afwijking van het gemiddelde bij deze afzonderlijke factoren is, des te geringer is de fout, welke men begaat, wanneer men de gemiddelde producten in de bovenstaande formules vervangt door de producten der gemiddelden. De procentueele variaties in T zijn, vooral wanneer men de jaargetijden apart bekijkt, betrekkelijk klein; bij de bespreking van de verschilmethode is er reeds op gewezen, dat de gemiddelde

afwijkingen van het gemiddelde voor $\frac{\partial u}{\partial z}$ en $\frac{\partial v}{\partial z}$ evenmin groot zijn. $\frac{\partial T}{\partial z}$ ondergaat eveneens geen sterke veranderingen, belangrijker zijn evenwel de variaties bij u en v omdat deze zoowel over positieve als negatieve waarden loopen. Om nu bij de berekening van de horizontale temperatuurgradienten uit de bekende gemiddelden de fouten zoo gering mogelijk te maken zou men weer tot splitsing in kwadranten over kunnen gaan. Als bij de verbeterde verschilmethode zou men aan de voor ieder kwadrant gevonden uitkomst een gewicht kunnen toekennen gelijk aan het aantal waarnemingen aan den grond bij dat kwadrant ingedeeld, om ten slotte door het totale aantal te deelen. Aangezien echter de eerste term van den vorm tusschen haakjes niet zoo'n grooten invloed heeft op de te bepalen waarde van den horizontalen temperatuurgradient, en ons noch zuivere temperatuur- noch goede verticale temperatuurgradient-gemiddelden in de diverse kwadranten bekend zijn, is deze omslachtige berekening achterwege gelaten.

Herleid tot de gebruikelijke grootheden werden de horizontale temperatuurgradienten uit de volgende formules bepaald:

$$\overline{\frac{\Delta T}{\Delta x}}\,(\text{in °C per 100 km}) = 6.5 \times 10^{-4} \left\{ \bar{v}\,(\text{km p. u.})\,\overline{\frac{\Delta T}{\Delta z}}\,(\text{°C per 500 m}) - \bar{T}\,\overline{\frac{\Delta v}{\Delta z}}\,(\text{in km p. u. per 500 m}) \right\}$$

$$\overline{\frac{\Delta T}{\Delta y}}\,(\text{in °C per 100 km}) = 6.5 \times 10^{-4} \left\{ -\bar{u}\,(\text{km p. u.})\,\overline{\frac{\Delta T}{\Delta z}}\,(\text{°C per 500 m}) + \bar{T}\,\overline{\frac{\Delta u}{\Delta z}}\,(\text{in km p. u. per 500 m}) \right\}$$

De Noord-Zuid-component. Uit de tabellen 32, 33 en 34 blijkt, dat in vele maanden de Zuidelijke beweging van de lagere luchtlagen op de hoogere niveaux in een Noordelijke overgaat. In den middag ligt de grens van Zuidelijke en Noordelijke strooming over het algemeen hooger dan in den morgen, terwijl zij zich in het warmere gedeelte van het jaar weer hooger bevindt dan in het koudere. Gemiddeld over morgen en middag vindt de overgang van Zuid naar Noord in Winter en Lente op 2500 m, in den Herfst op 5000 m plaats, in den Zomer is op 6000 m de luchtverplaatsing nog uit het Zuiden. In den Winter is het verschil tusschen de waarden van de N.-S.-component aan den grond en op 4500 m zeer groot, in den Zomer heeft het weinig te beteekenen. Waarschijnlijk zal de ook boven 5000 m nog vrij sterke Noordelijke strooming in Winter en Lente de lagere stratosfeergrens ten onzent

veroorzaken door een Zuidwaartsche verschuiving van de minder hooge stratosfeer der poolstreken.

Er moet bijna het geheele jaar door een temperatuurverval van West naar Oost aanwezig zijn, dat berekend met de formule van Margules de volgende waarden heeft:

Oost-West-temperatuurgradient.
(West warmer dan Oost)

	Lente	Zomer	Herfst	Winter	
1500 m	0.1	0.0	0.1	0.4	° C per 100 km
2000 m	0.2	0.1	0.1	0.4	,,
2500 m	0.1	0.1	0.2	0.4	,,
3000 m	0.1	0.0	0.1	0.5	,,
3500 m	0.1	0.0	0.1	0.4	,,
4000 m	0.1	0.0	0.0	0.4	,,
4500 m	0.1	0.0	0.1	—	,,
5000 m	0.2	0.0	0.1	—	,,

Uit de vergelijking van de gemiddelde temperaturen boven Soesterberg en Lindenberg vindt men de volgende horizontale temperatuurgradienten:

Oost-West-temperatuurgradient.
(West warmer dan Oost)

	Lente	Zomer	Herfst	Winter	
2000 m	0.1	0.1	0.2	0.3	° C per 100 km
3000 m	0.1	0.1	0.2	0.3	,,
4000 m	0.1	0.1	0.3	0.3	,,

Er bestaat een bevredigende overeenstemming tusschen de waarden van beide bovenstaande tabelletjes; dat de getallen geheel gelijk uit zouden vallen is ook volstrekt niet te verwachten, al was het alleen maar, omdat de uit de formule van Margules bepaalde temperatuurgradienten eigenlijk de virtueele temperatuur betreffen. Verwonderlijk is het, dat steeds de temperatuur in het Westen hooger is dan in het Oosten; men zou in den Zomer juist het tegenovergestelde verwachten. De oorzaak hiervan is te vinden in de meer Noordelijke luchtstrooming, welke men boven het vaste land aantreft (zie o.a. (20)). Niettegenstaande de groote verwarming van het vaste land in den Zomer houdt dus het luchttransport uit Noordelijke richtingen in het Oosten een West-Oostelijke temperatuurgradient in stand, welke natuurlijk niet zoo sterk is als de winterwaarde.

De verschillen in horizontalen temperatuurgradient tusschen het warmere en het koudere gedeelte van het jaar brengen ten onzent dus op de niveaux boven 1000 meter de sterkere luchtbeweging uit Zuidelijke richtingen in den Zomer tegenover de zwakkere in den Winter mede. Hier zou men nu van een moesson kunnen spreken; dat wil dus zeggen, dat op grootere hoogten het doorstaan van den zomermoesson een Zuidenwind, van den wintermoesson een Noordenwind ten gevolge heeft. Onze opvattingen zijn dus afwijkend van die van Reger en Roediger (zie bladzijde 57). Men kan het niet met Roediger eens zijn, als hij in de Noordelijke winden van Juni het inzetten van de zomerperiode ziet; integendeel eerst in Juli begint zich in de hoogere luchtlagen de moessoninvloed kenbaar te maken, terwijl de wintermoesson in plaats van in September zich eerst in December doet gevoelen. De afwijkingen in Juni, October en November (zie tabel 34) hebben waarschijnlijk niets met dezen moesson te maken, doch zullen hun oorzaak in de algemeene circulatie vinden. Eerst als men over uitgebreider waarnemingsreeksen van temperaturen van poolgebied en keerkringen beschikt zal men hun ontstaan nader kunnen beoordeelen.

Ten slotte moet nog op het volgende attent worden gemaakt. Beschouwt men het luchttransport, dat door een breedtecirkel plaats vindt, dan moet, wil er geen teveel of tekort aan de pool ontstaan, evenveel lucht in Noordelijke als in Zuidelijke richting vloeien. Het luchttransport, dat ten onzent des zomers tot 6000 meter hoogte van Zuid naar Noord gericht is, kan daarboven niet meer door een strooming uit Noordelijke richting gecompenseerd worden. Deze zou dan, gezien de groote luchtdichtheid in de onderste en de geringe luchtdichtheid in de bovenste niveaux, buitengewoon krachtig moeten zijn. Des winters is in de niveaux tot 5000 m de hoeveelheid lucht, welke naar het Zuiden beweegt reeds grooter dan de Noordwaarts getransporteerde hoeveelheid; een eventueele compensatiestrooming boven dit niveau zou dus weer een Zuidenwind moeten vertoonen, hetgeen vrij onwaarschijnlijk lijkt.

Het is wel zeker, dat men de compensatie-stroomingen in de beide jaargetijden niet boven ons land aan zal treffen, doch aan de Oostgrenzen van het Aziatische en Amerikaansche continent.

De Oost-West-component. De Oost-West-component van de gemiddelde luchtverplaatsing neemt in alle maanden met toenemende hoogte regelmatig in sterkte toe (zie tabellen 32, 33 en 34). De aangroeiing geschiedt in den middag iets sneller dan in den morgen. Gemiddeld over morgen en middag vindt men de volgende Noord-Zuid-temperatuurgradienten:

Noord-Zuid-temperatuurgradient.
(Zuid warmer dan Noord)

	Lente	Zomer	Herfst	Winter	
1500 m	0.4	0.5	0.4	0.3	° C per 100 km
2000 m	0.3	0.3	0.3	0.3	,,
2500 m	0.3	0.4	0.3	0.3	,,
3000 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
3500 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
4000 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
4500 m	0.1	0.2	0.2	—	,,
5000 m	0.1	0.2	0.1	—	,,

Lente en Herfst geven bijna gelijke waarden te zien; in den Zomer is het temperatuurverval van Zuid naar Noord aanmerkelijk grooter dan in den Winter. Een en ander is niet in overeenstemming met hetgeen op bladzijde 41 omtrent de temperatuursverschillen tusschen pool en keerkringen werd opgemerkt. Men moet echter bedenken, dat de Noord-Zuid-temperatuurgradient uit twee gedeelten bestaat, nl. uit een gedeelte, dat verband houdt met de algemeene temperatuursverschillen tusschen hoogere en lagere breedten en een ander gedeelte, dat aan het verschil tusschen het ten Zuiden van ons gelegen vaste land en de ten Noorden van ons gelegen zee moet worden toegeschreven. Dit laatste gedeelte kan vooral in den Winter vrij aanzienlijk zijn; het werkt juist tegengesteld aan het algemeene breedte-effect en verklaart de verschillen tusschen bovenstaande en op bladzijde 41 afgedrukte waarden.

HOOFDSTUK VII.

DE DAGELIJKSCHE GANG VAN DE GEMIDDELDE LUCHTVERPLAATSING OP VERSCHILLENDE HOOGTEN.

Er bestaat een verschil tusschen de morgen- en middagwaarden van de gemiddelde luchtverplaatsing, dat nader besproken dient te worden. Trekt men nl. de componenten van den middag van die van den morgen af, dan vindt men de in achterstaande tabel gegeven waarden. N. wijst op de N.-S.-, E. op de E.-W.-componenten.

Bij de N.-S.-component duiden positieve verschillen op een sterker beweging uit Zuid tijdens den middag (aequivalent dus met een zwakker Noordbeweging), terwijl de negatieve op een zwakker verplaatsing uit Zuid in den middag wijzen (aequivalent dus met een sterker uit Noord); voor de E.-W.-component wijst een positief verschil op een des namiddags grooter (kleiner), een negatief op een dan kleiner (grooter) luchttransport uit het Westen (Oosten).

Op *40 meter* vertoont de N.-S.-component in alle maanden tijdens den middag een zwakker Zuidbeweging dan tijdens den morgen; de Oost-West-component heeft het geheele jaar door gedurende den middag een sterker West-beweging.

Op *40—540 meter* gedraagt de N.-S.-component zich als op 40 meter, de beweging uit het Westen is in Winter en in Lente des middags krachtiger, in Zomer en Herfst daarentegen des morgens.

In het *540—1040 meter* niveau is van Februari tot en met October de verplaatsing uit het Zuiden des namiddags krachtiger ontwikkeld; in November, December en Januari heeft het omgekeerde plaats. Tijdens het tijdvak van Mei tot en met September en tijdens December heeft men des middags zwakker Westbeweging, in het overige gedeelte van het jaar is het juist andersom.

In de laag van *1040—1540 meter* treft men van Maart tot en met September wederom positieve waarden van het verschil bij de N.-S.-componenten aan, in October en November is het juist omgekeerd. Voor de E.-W.-com-

Morgen — Middag. *)

(Verbeterde verschilmethode)

km per uur

Hoogte	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.
40 m	-0.5	2.4	-0.8	1.8	-1.7	1.9	-2.2	3.4	-3.4	3.4	-4.0	3.2	-2.4	3.6	-2.3	4.1	-2.8	3.4	-2.3	3.0	-0.6	2.0	-1.1	1.8
40— 540 ,,	-2.0	0.9	-0.3	1.9	-1.3	0.6	-2.6	1.2	-3.0	1.9	-2.9	1.9	-1.6	-0.1	-0.8	-2.4	-5.2	-0.9	-1.4	-0.5	-0.8	0.5	-0.3	1.1
540—1040 ,,	-1.6	1.7	4.5	2.5	3.1	2.0	1.7	0.1	2.1	-0.4	3.0	-0.3	1.9	-1.0	3.6	-0.7	1.4	-1.7	0.4	0.0	-0.1	1.4	-0.9	-0.5
1040—1540 ,,	—	—	—	—	4.5	2.3	2.3	1.4	4.0	1.8	4.4	0.3	1.5	-0.1	5.4	-0.1	2.4	1.9	-0.9	-1.7	-2.0	0.3	—	—
1540—2040 ,,	—	—	—	—	4.4	1.5	1.2	-0.3	4.0	2.6	4.0	0.6	—	—	—	—	2.6	2.5	-1.4	-1.3	—	—	—	—
2040—2540 ,,	—	—	—	—	—	—	1.6	1.5	—	—	5.3	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Hoogte	Lente N.	Lente E.	Zomer N.	Zomer E.	Herfst N.	Herfst E.	Winter N.	Winter E.	Jaar N.	Jaar E.
40 m	-2.5	2.9	-2.9	3.6	-1.9	2.8	-0.9	2.0	-2.0	2.9
40— 540 ,,	-2.3	1.3	-1.7	-1.1	-1.4	-0.4	-0.3	1.2	-1.5	0.2
540—1040 ,,	2.4	0.6	2.9	-0.6	0.7	0.0	1.0	1.4	2.4	-0.1
1040—1540 ,,	3.8	2.0	3.6	0.2	0.0	0.2	0.4	2.7	2.2	1.0
1540—2040 ,,	3.3	1.4	3.9	0.4	0.2	0.8	0.9	2.7	2.6	1.0
2040—2540 ,,	3.2	1.4	4.0	1.7	0.3	1.4	0.5	1.7	2.5	1.4
2540—3040 ,,	2.2	1.5	4.2	4.0	0.9	1.0	0.4	1.7	2.4	2.3
3040—4040 ,,	0.7	2.2	4.3	4.2	0.7	0.8	3.4	2.3	0.7	2.4
4040—5040 ,,	-0.4	0.7	2.9	5.1	0.8	3.1	—	—	0.5	2.7
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	2.0

*) Ten einde geen afrondingsfouten te maken zijn de verschillen van dit tabelletje bepaald uit de oorspronkelijk in tiende km per uur berekende waarden.

ponent vindt men van Maart tot en met September een positieve aangroeiing van het verschil ten opzichte van het 540—1040 m niveau.

Op *1540—2040 meter* toonen gemiddeld over de jaargetijden de middagen een grooter luchtverplaatsing uit Zuid en West, tijdens de Lente en den Zomer is het verschil bij de N.-S.-component aanmerkelijk grooter dan bij de E.-W.-component. In Herfst en Winter zijn de verschillen bij E.-W. juist grooter.

Op de niveaux *2040—2540 en 2540—3040 meter* is alles ongeveer gelijk aan het vorig beschouwde niveau.

Daarboven zullen zich onregelmatigheden door het kleiner worden van het aantal waarnemingen laten gelden.

De minder sterke beweging uit Zuid tijdens den middag op 40 en 40—540 m is gemakkelijk te begrijpen; de gemiddelde luchtverplaatsing uit het Westen in de hoogere luchtlagen brengt bij den gekrompen morgenwind een beweging uit het Zuiden van eenige beteekenis op 40 en 40—540 m, des middags gaat (ten gevolge van de convectie) deze beweging uit het Zuiden in een uit het Westen over. Behalve een minder sterke beweging uit Zuid brengt deze convectie tevens in de onderste niveaux op den middag een krachtiger verplaatsing uit het Westen. Ook zal zich in de onderste lagen de land- en zeewind van de Zuiderzee en wellicht ook van de Noordzee laten gevoelen; op 40 m zal een zeewind van de Zuiderzee des middags een verzwakking van den gemiddeld Zuidelijken wind veroorzaken, een zeewind van de Noordzee versterkt des middags de gemiddelde luchtverplaatsing uit het Westen.

Ten einde dit nader te kunnen beoordeelen zijn uit het waarnemingsmateriaal voor den Zomer alle dagen gekozen, waarop zoowel des morgens als des middags een waarneming tot 1000 meter hoogte aanwezig was en waarop de morgenwind een waarde van 15 km per uur (de grens van laminaire strooming) niet overschreed. Deze waarnemingen zijn naar hun richting op 40 m hoogte bij de verschillende kwadranten ingedeeld; doch zoodanig, dat de morgenwind de indeeling bepaalde. Het gemiddelde van morgen- en daarbij behoorende middagwaarden geeft onderstaande tabel.

Zomer.

Noord.	40 m		40—540 m		540—1040 m		
36 wngn.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
morgen	7.8	—1.1	15.2	3.1	13.0	0.8	km p. u.
middag	10.5	—2.1	10.2	— 0.5	5.5	— 1.3	,,
verschil	—2.7	1.0	5.0	3.6	7.5	2.1	,,

Oost.	40 m		40—540 m		540—1040 m		
47 wngn.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
morgen	—1.3	8.7	— 5.6	13.6	— 3.9	12.1	km p. u.
middag	0.4	7.0	— 1.6	9.1	— 5.0	10.3	,,
verschil	—1.7	1.7	— 4.0	4.5	1.1	1.8	,,

Zuid.	40 m		40—540 m		540—1040 m		
74 wngn.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
morgen	—9.5	— 0.3	—13.5	—14.1	—12.6	—16.9	km p. u.
middag	—7.8	— 4.3	— 9.6	— 7.5	—13.9	—12.9	,,
verschil	—1 7	4.0	— 3.9	— 6.6	1.3	— 4.0	,,

West.	40 m		40—540 m		540—1040 m		
62 wngn.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
morgen	0.3	— 9.0	5.5	—17.2	7.9	—21.1	km p. u.
middag	3.6	—11.5	4.1	—17.4	3.6	—21.6	,,
verschil	—3.3	2.5	1.4	0.2	4.3	0.5	,,

Bij den Noordenwind komt een effect van de Noordzee tot uiting. Des morgens heeft deze op 40 m een West-component, des middags is deze West-component nog versterkt. Dit kan onmogelijk veroorzaakt zijn door de grootere turbulentie, aangezien in den morgen op 40—540 m en 540—1040 m de beweging een Oostelijke strooming vertoont.

De Oostenwind geeft een nog duidelijker aanwijzing van den invloed van de Zuiderzee. Op 40 m vindt men een verplaatsing uit Zuid, welke op de grootere hoogten aanzienlijk sterker is. Toch wordt des middags op 40 m de beweging uit Zuid niet krachtiger zooals men bij de grootere convectie zou verwachten, maar integendeel gaat zij in een Noordelijke over.

Ook de feiten, dat op 40—540 m hoogte des morgens bij den Noordenwind de beweging uit Oost, bij den Oostenwind de beweging uit het Zuiden krachtiger is dan op den hoogeren stap van 540—1040 m, bevestigen dit land- en zeewind-effect. Immers de tegenstrooming op 40—540 m, des morgens landafwaarts gericht, zorgt voor een versterking van de Oost- en Zuid-beweging op dit niveau. Bij de N.-S.-component van het Zuid-kwadrant kan men in den morgen hetzelfde opmerken. Tijdens den middag kan men moeilijk verwachten iets dergelijks te zien, aangezien dan de convectie storend werkt. Een dergelijke storing van de snelheidsturbulentie der hoogere snel-

heden gaf de reden om in bovenstaande beschouwingen slechts de waarnemingen van geringer snelheid te bekijken.

De onder hoofdstuk VIB behandelde draaiingen van de windrichting met de hoogte zijn hier nu nader toegelicht.

Op 540—1040 m sluiten bovenstaande verschillen aan bij de op bladzijde 66 gegeven resultaten; bij de Noord-Zuid-component zijn zij nl. in ieder kwadrant positief, bij de Oost-West-component alleen in het Zuid-kwadrant negatief, en dan van een zoodanige grootte, dat het gemiddelde over de 4 kwadranten nog negatief blijft. Terugkeerend tot de cijfers van bladzijde 66, kan men moeilijk de tot 3000 m hoogte in alle jaargetijden sterkere beweging uit het Zuiden in den namiddag aan den gewonen land- en zeewind of aan wrijvingseffect toeschrijven. Daar het verschil in Lente en Zomer het grootste is, ligt het voor de hand naar verband met den dagelijkschen temperatuurgang te zoeken. Het boven 1000 m eveneens voor positieve waarden voorkeur vertoonende verschil bij de E.-W.-component kan evenmin met den gewonen land- en zeewind of wrijving samenhangen; waarschijnlijk heeft het dezelfde oorzaak als bij de N.-S.-component.

Men zal niet aarzelen een en ander in verband te brengen met den door Margules theoretisch aangetoonden en door Pernter en Hann in de waarnemingen van bergstations en later door anderen in de vrije atmosfeer gevonden enkel- en dubbeldagelijkschen gang van den wind. De *enkeldagelijksche* gang van den wind wordt als volgt verklaard (zie o.a. Hanns Lehrbuch der Meteorologie, bladzijde 422): des morgens is de lucht in het Oosten warmer, des middags die in het Westen. Wanneer de luchtdruk aan den grond overal gelijk is, zal er op grootere hoogten een luchtdrukverval ontstaan, des morgens van Oost naar West en des middags van West naar Oost gericht. Tengevolge van de afbuigende kracht der aardrotatie draaien de oorspronkelijke Oostenwinden naar Zuid, de oorspronkelijke Westenwinden naar Noord. De *dubbeldagelijksche* gang wordt toegeschreven aan kleinere temperatuurstoringen, welke echter een grooten invloed op den luchtdruk hebben, wegens de eigen trillingsperiode van ongeveer 12 uur van onzen dampkring. Welke van deze beide perioden zich ten onzent bij het verschil tusschen morgen- en middagwind het zwaarst laat gelden is moeilijk te zeggen.

Men krijgt echter den indruk, dat de variaties te De Bilt wel eenigszins anders zijn dan elders werd gevonden. Op 2000 en 2500 m hoogte is het verschil tusschen de waarden van 8 en 13 uur:

	Lindenberg (40)	Säntis (41)	Friedrichshafen (41)	De Bilt
Zomer, N.-S.-component.				
Hoogte				
2000 m	0.2	—	—	4.0 km p. u.
2500 ,,	3.0	0.9	4.2	4.1 ,,
Winter.				
2000 m	—3.2	—	—	0.7 ,,
2500 ,,	—4.0	1.3	—	0.5 ,,
Zomer, E.-W.-component.				
2000 m	—2.2	—	—	1.0 ,,
2500 ,,	—3.2	—0.9	2.6	2.8 ,,
Winter.				
2000 m	0.9	—	—	2.2 ,,
2500 ,,	1.3	1.3	—	1.7 ,,

Hierbij moet worden opgemerkt, dat voor Lindenberg de Zomer alle maanden van Mei tot October, de Winter alle maanden van November tot April omvat; voor Friedrichshafen geldt het zomergemiddelde voor April tot September.

Zooals men ziet loopen de waarden voor verschillende stations belangrijk uiteen. Voor Zomer, N.-S.-component, en Winter, E.-W.-component, zijn de teekens ten minste nog gelijk; voor den Winter, N.-S.-component, komt de richting van het verschil voor De Bilt en Säntis overeen, voor den Zomer, E.-W.-component, wijken De Bilt en Friedrichshafen geheel af van Lindenberg en Säntis.

Het is daarom wel goed de realiteit van de waarden van De Bilt nog eens op verschillende wijzen te toetsen; in de eerste plaats met de uit de verbeterde verschilmethode met de weertypen gevonden zomergemiddelden (zie bladzijde 33). Men vindt hiervoor:

Zomer, morgen—middag.
(verbeterde verschilmethode met de weertypen)

	N.	E.
40 m	—2.9	3.6 km p. u.
40— 540 ,,	—0.9	0.6 ,,
540—1040 ,,	3.3	1.0 ,,
1040—1540 ,	4.2	0.7 ,,
1540—2040 ,,	4.7	0.2 ,,
2040—2540 ,,	4.9	1.1 ,,
2540—3040 ,,	5.2	3.1 ,,

Verder moet het volgende overwogen worden. De waarden van Lindenberg zijn verkregen uit vliegerdiagrammen, die van den Säntis uit anemometeropteekeningen, die van Friedrichshafen gedeeltelijk met kabelballons. Kan nu het grootere verschil te De Bilt niet veroorzaakt zijn door verschillen in de stijgsnelheden van des morgens en des middags opgelaten ballons? Bekijkt men echter naast de getallen van de componenten die van de gewone snelheid, dan valt terstond op, dat bij deze laatste de verschillen tusschen morgen en middag aanmerkelijk kleiner zijn dan bij de eerste. Bij het optreden van systematische verschillen in de stijgsnelheid zou dit juist andersom moeten zijn. Ook het feit, dat bij de vele malen grootere E.-W.-component het verschil kleiner is dan bij de N.-S -component wijst er op, dat al moge de invloed van de krachtiger zonnestraling van den middag op de stijgsnelheid theoretisch denkbaar zijn, hij hier toch geen rol speelt.

Een verder bewijs van de realiteit van de berekende verschillen en interessante bijzonderheden, welke een nadere beschouwing van de oorzaken daarvan mogelijk maken, geeft het volgende onderzoek. Uit alle sinds 1912 beschikbare loodsballonwaarnemingen van De Bilt zijn die gekozen, welke op niveaux van 1040—1540 tot en met 4040—5040 m een vergelijking tusschen morgen- en middagwind mogelijk maken. Deze waarnemingen zijn ingedeeld in de vier kwadranten naar de windrichting, welke des morgens op het betreffende niveau werd aangetroffen. Bij elkaar gevoegd zijn de maanden Mei tot en met September, den zomertoestand representeerend, en November tot en met Maart, den Winter vertegenwoordigend. Hieronder volgen de resultaten :

Zomer						*Morgen—Middag.*							
Kwadrant	*Noord*		*Zuid*		*Oost*		*West*		*N.*	*S.*	*E.*	*W.*	
Hoogte	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	Gem.		snelh.		
1040—1540m	9.7	0.6	1.0	3.2	4.7	3.3	6.5	-3.9	3.1	-3.1	0.6	-0.1	km p.u.
1540—2040 ,,	10.2	0.7	-1.4	5.3	5.8	4.1	4.9	-2.3	3.9	-2.8	0.9	-0.9	,,
2040—2540 ,,	8.4	1.8	1.6	6.9	6.2	4.8	2.8	-0.3	4.5	-4.0	2.2	-2.4	,,
2540—3040 ,,	5.3	3.6	0.6	6.9	4.1	5.0	7.7	-0.6	1.7	-2.8	3.6	-3.1	,,
3040—4040 ,,	10.1	3.2	5.5	4.1	2.5	4.1	7.8	-1.0	6.3	-6.7	2.0	-0.7	,,
4040—5040 ,,	8.0	2.1	5.7	0.3	3.0	2.0	4.6	-1.0	5.1	-5.2	0.3	-1.6	,,
Winter.													
1040—1540m	5.5	4.0	-2.9	5.2	1.6	4.9	6.2	1.8	1.1	-1.2	2.3	-4.0	km p.u.
1540—2040 ,,	4.5	4.8	-0.5	2.3	3.7	4.8	8.3	1.5	1.3	-3.3	0.9	-3.2	,,
2040—2540 ,,	3.1	2.4	-1.2	1.8	4.6	6.7	5.8	1.2	0.9	-0.7	1.8	-3.5	,,
2540—3040 ,,	0.1	2.7	-4.7	1.6	2.8	7.0	2.3	-3.4	-2.1	2.2	3.6	-0.6	,,
3040—4040 ,,	0.2	2.1	-2.1	2.5	1.6	5.7	0.5	0.2	-1.7	0.6	0.2	-3.1	,,
4040—5040 ,,	2.0	2.5	0.1	3.6	-1.9	2.8	1.8	3.7	1.3	-2.6	0.3	-1.6	,,

Aantallen waarnemingen.

	Hoogte	*N.*	*S.*	*E.*	*W.* *kwadrant*
Zomer.	1040—1540 m	106	135	104	168
	1540—2040 ,,	67	112	72	115
	2040—2540 ,,	44	76	44	94
	2540—3040 ,,	42	53	37	72
	3040—4040 ,,	32	31	22	55
	4040—5040 ,,	18	19	11	44
Winter.					
	1040—1540 m	84	107	107	94
	1540—2040 ,,	64	81	94	60
	2040—2540 ,,	52	47	67	39
	2540—3040 ,,	51	32	56	30
	3040—4040 ,,	33	23	26	42
	4040—5040 ,,	27	11	9	9

Uit bovenstaande krijgt men een bevestiging van wat reeds in de algemeene gemiddelden was gevonden.

Zomer. Duidelijk is te zien, dat er van een invloed van veranderingen in de stijgsnelheid geen sprake is. De getallen voor de gewone snelheid geven een afneming van den wind tegen den middag in het Noord- en Oost-kwadrant, een toeneming in Zuid- en West-kwadrant; beide ongeveer van dezelfde grootte.

De verschillen morgen—middag zijn bij de N.-S.-component op één uitzondering na steeds positief. De grootste waarden bereiken zij in het Noordkwadrant, tot 3000 m worden de kleinste waarden in het Zuid-kwadrant aangetroffen. Bij de Oost-West-component zijn alle verschillen in het Noord-, Zuid- en Oost-kwadrant positief, in het West-kwadrant daarentegen negatief.

Het eenigszins uiteenloopende gedrag van de verschillen in de onderscheiden kwadranten moet aan convectieve invloeden worden toegeschreven; de hier uitgekozen waarneming en zijn nl. alle verricht bij vrijwel onbewolkten hemel, waardoor de verticale uitwisseling gemiddeld vrij groot geweest moet zijn. Speciaal voor winden uit Noordwestelijke en Noordelijke richtingen geldt dit, zoodat in het N.-kwadrant de verschillen voor de N.-S.-component zoo groot en in het West-kwadrant deze bij de E.-W.-component negatief uitvallen.

Zoodoende karakteriseeren het Noord- en het Zuid-kwadrant de verschillen het best bij de E.-W.-component, bij de N.-S.-component worden zij het best tot uitdrukking gebracht door het Oost- en het West-kwadrant.

Winter. Over het algemeen is in Noord-, Oost- en West-kwadrant het verschil bij de N.-S.-component positief; de waarden zijn op eenige uitzonderingen in de lagere niveaux na kleiner dan in den Zomer. In het Zuid-kwadrant vindt men negatieve verschillen; hoewel de convectie in het winterhalfjaar minder is dan in den Zomer, laat de turbulentie zich blijkbaar bij de snellere strooming toch nog betrekkelijk hoog in de atmosfeer gevoelen. Bekijkt men in het Zuid-kwadrant alleen die waarnemingen, welke des morgens een snelheid van minder dan 40 km per uur hebben, dan vindt men:

Winter, Zuid-kwadrant (*V* kleiner dan 40 km p. u.)

Hoogte	N.	E.	Aantal waarn.
1040—1540 m	—0.3	4.4 km p. u.	65
1540—2040 ,,	2.1	1.2 ,,	52
2040—2540 ,,	—0.2	—0.3 ,,	47
2540—3040 ,,	—3.2	—0.4 ,,	32
3040—4040 ,,	—1.3	2.4 ,,	23
4040—5040 ,,	0.1	3.6 ,,	11

De negatieve waarden zijn hier al minder groot, hetgeen dus op de juistheid van bovengenoemde onderstelling wijst.

De E.-W.-componenten zijn bijna alle positief in hun verschil; zelfs in het West-kwadrant treft men maar één uitzondering. Hier krijgt men evenals op bladzijde 67 den indruk, dat speciaal op de onderste niveaux in den Winter het verschil bij de E.-W.-component relatief meer te beteekenen heeft dan bij de N.-S.-component. Dit komt ook bij de gewone snelheid tot uiting; in Noord- en Zuid-kwadrant zijn in den Winter de getallen kleiner en veel meer van toevalligheden afhankelijk, hetgeen uit het omspringen van het teeken blijkt; in Oost- en West-kwadrant hebben zij op alle hoogten hetzelfde teeken en dan geheel in overeenstemming met wat men uit de bij de componenten gevonden waarden verwacht.

Achterstaande tabel geeft het algemeen gemiddelde van alle op bladzijde 71 voor de aparte kwadranten gevonden verschillen ter vergelijking met de door Tetens gegeven waarden voor Lindenberg op heldere dagen.

Morgen — Middag.

	De Bilt				Lindenberg.			
Zomer.	N.	E.			N.	E.		
1040—1540 m	5.2	0.4	km p. u.		1000 m	— 3.1	4.3	km p. u.
1540—2040 ,,	4.1	1.8	,,		1500 ,,	— 3.6	3.1	,,
2040—2540 ,,	4.0	3.0	,,		2000 ,,	— 3.4	8.7	,,
2540—3040 ,,	4.7	3.2	,,		2500 ,,	— 2.0	8.6	,,
3040—4040 ,,	7.0	2.0	,,		3000 ,,	— 1.5	6.3	,,
4040—5040 ,,	5.3	0.2	,,					
Winter.								
1040—1540 m	2.3	4.0	km p. u.		1000 m	—10.7	—0.9	km p. u.
1540—2040 ,,	3.7	3.5	,,		1500 ,,	—11.1	—2.3	,,
2040—2540 ,,	3.1	3.4	,,		2000 ,,	—10.1	—0.9	,,
2540—3040 ,,	0.5	2.8	,,		2500 ,,	— 9.7	—0.1	,,
3040—4040 ,,	0.2	2.3	,,		3000 ,,	—11.3	—2.3	,,
4040—5040 ,,	1.0	2.9	,,					

Tetens geeft zijn cijfers zonder eenig commentaar, wellicht is zijn materiaal wat klein geweest. Men kan moeilijk volkomen overeenstemming tusschen de beide stations verwachten, doch daar hier soms zelfs het teeken verschillend uitvalt, is van geen enkele overeenkomst sprake.

Ten slotte ontleenen we aan eenige vectordiagrammen van Durward, die den dagelijkschen gang van den wind voor een aantal stations in Frankrijk onderzocht (gemiddeld over het geheele jaar) de volgende cijfers (42):

Kwadrant	*Noord*		*Oost*		*Zuid*		*West*		
Hoogte	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
900 m	—1.1	—0.1	3.6	3.4	0.7	—6.4	4.5	—3.4	km p. u.
1200 ,,	1.5	6.4	3.8	—0.2	4.8	—3.6	3.0	—1.1	,,

Hier bestaat althans voor de N.-S.-component redelijke aansluiting met de waarden van De Bilt.

Uit een en ander blijkt, hoe gebrekkig de kennis van den dagelijkschen gang van den wind in de vrije atmosfeer nog is; er zijn althans in de literatuur voor onze omgeving geen verdere gegevens te vinden. Indien de geringe overeenkomst tusschen Lindenberg en De Bilt werkelijk reëel is moet ook het mechanisme, dat de windverschillen tusschen morgen en middag bewerkstelligt

geheel anders zijn. Met de hierboven beschreven theorie van den dagelijkschen gang van den wind in de vrije atmosfeer zijn de uitkomsten voor De Bilt wel in overeenstemming. De vraag doet zich echter voor, of niet een andere verklaring van de ten onzent gevonden verschillen beter is. Indien nl. de temperatuursverschillen tusschen dag en nacht boven een homogeen aardoppervlak, welke ten gevolge van den grooten afstand toch slechts betrekkelijk geringe gradienten kunnen medebrengen, reeds voldoende worden geacht voor het veroorzaken van een dagelijkschen gang van den wind, moet ook het verschil in verwarming van het uitgestrekte vaste land ten opzichte van den Oceaan van invloed zijn. Door den grooteren dagelijkschen gang van de luchttemperatuur boven het continent in de onderste luchtlagen moet aldaar een stijging van de vlakken van gelijken druk optreden. Vlak bij de kust zal dan de plaatselijke circulatie van den normalen land- en zeewind ontstaan; aangezien hier de drukgradienten het grootst zijn, en de beweging aan het oppervlak over een niet zeer grooten afstand plaats heeft, is de strooming ongeveer evenwijdig aan den luchtdrukgradient.

Doch er zal zich ook een grooter periodiek windsysteem, in de vrije atmosfeer ontwikkelen. De luchtmassa's, welke daaraan deelnemen, moeten gedurende langeren tijd en over een veel grooteren afstand vloeien; hun bewegingsrichting moet een richting loodrecht op den gradient benaderen.

Dit tweede periodieke windsysteem is dus een land- en zeewind in het groot; het heeft weinig invloed op het plaatselijk beperkte land- en zeewindsysteem.

Wanneer men bedenkt, dat voor het gemiddelde zomersche verschil van 4 km per uur op 2000 meter hoogte slechts een verandering van den luchtdrukgradient van 0.13 mm per 111 km noodig is, en verder overweegt, dat reeds bij een gemiddelde temperatuursverandering van 0.4 graad aan de bovenzijde van een luchtkolom van 1000 m hoogte een dergelijk drukverschil intreedt, zal men ook geen groote kwantitatieve bezwaren tegen deze laatste opvatting kunnen inbrengen. Aangezien de drukstijging boven het land zich tot op groote hoogten voortzet is het begrijpelijk, dat men het windverschil van dezen „grooten land- en zeewind" ook tot op groote hoogten waarneemt.

Daar gemiddeld een SSW.-lijke component bij den morgenwind gevoegd moet worden om dien van den middag te krijgen, zal de grootste dagelijksche gang van de temperatuur in het SE. optreden. Dit is met het oog op de ligging van De Bilt volstrekt niet onwaarschijnlijk. Een nader onderzoek zal moeten uitmaken, of inderdaad de grootere beteekenis van de E.-W.-component bij het verschil gedurende den Winter aan een verschuiving van het zwaartepunt van den dagelijkschen temperatuurgang naar het Zuiden moet worden toegeschreven.

De groote invloed, welke de temperatuurgang op den wind boven De Bilt moet hebben, werd ook reeds op bladzijde 28 aangestipt. Des morgens is op 1000 m hoogte de waargenomen beweging uit het Noorden altijd sterker, die uit het Zuiden altijd zwakker dan de berekende uit den luchtdrukgradient. Des namiddags is dit juist andersom. Bij de E.-W.-component doet zich iets dergelijks voor; des morgens is de verplaatsing uit het Westen (Oosten) in werkelijkheid grooter (kleiner) dan werd berekend, des middags treedt het tegenovergestelde op. Bij een stationnairen toestand zou dit wijzen op des morgens in het Oosten en Zuiden lagere temperaturen dan in het Westen en Noorden, en des middags het omgekeerde. Nu blijkt uit voorgaande beschouwingen wel, dat men niet van een zuiver stationnairen toestand mag spreken, zoodat men ook hier weer niet precies kan zeggen, waar het gebied van de grootste veranderingen in de temperatuur ligt. Dat het echter ergens tusschen het Oosten en het Zuiden gevonden moet worden is zeer waarschijnlijk.

HOOFDSTUK VIII.

DE BESTENDIGHEID.

Door deeling van de absolute waarde van de vectorieele windsnelheid door de gewone gemiddelde snelheid verkrijgt men de bestendigheid op de verschillende hoogten. Het heeft geen zin om evenals bij de snelheid en de luchtverplaatsing uitvoerige tabellen op te stellen voor de waarden van de bestendigheid in de diverse kwadranten. Hieronder volgt een overzicht, dat slechts beperkt blijft tot de jaargetijden.

Morgen.

Kwadranten	*Noord*				*Oost*				*Zuid*				*West*				
Hoogte	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	
40 m	86	89	88	87	89	92	90	88	92	93	93	91	91	89	91	92	%
40— 540	84	83	88	85	77	80	81	84	87	84	89	88	87	85	85	84	,,
540—1040	74	76	87	88	76	71	74	81	84	84	88	89	85	84	86	83	,,
1040—1540	63	56	86	90	66	58	64	77	83	83	88	87	83	83	85	83	,,
1540—2040	59	50	81	90	55	44	52	69	80	82	87	84	81	84	85	83	,,
2040—2540	49	43	82	—	44	37	41	62	79	81	86	79	82	83	84	84	,,
2540—3040	48	40	77	—	36	30	30	59	80	80	81	78	79	79	81	84	,,
3040—4040	45	45	63	—	26	29	18	48	79	79	80	66	80	78	80	—	,,
4040—5040	—	43	—	—	13	43	11	36	79	78	77	69	—	—	—	—	,,
5040—6040	—	—	—	—	5	48	6	—	76	79	—	—	—	—	—	—	,,
6040—7040	—	—	—	—	—	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	,,
7040—8040	—	—	—	—	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	,,

Middag.

Kwadranten	*Noord*				*Oost*				*Zuid*				*West*				
Hoogte	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	L.	Z.	H.	W.	
40 m	90	89	87	84	88	88	88	89	91	91	91	92	86	90	90	91	%
40— 540 ,,	81	79	80	76	85	83	85	82	86	89	89	91	86	88	90	85	,,
540—1040 ,,	63	48	74	77	75	78	81	76	83	88	87	90	79	88	88	82	,,
1040—1540 ,,	53	40	74	82	65	66	67	66	85	88	88	86	79	84	85	80	,,
1540—2040 ,,	53	48	74	84	52	55	56	53	82	88	88	83	79	84	86	80	,,
2040—2540 ,,	61	55	77	—	41	48	46	47	82	88	88	77	83	84	83	80	,,
2540—3040 ,,	64	58	76	—	32	45	42	40	85	87	87	73	81	85	83	78	,,
3040—4040 ,,	65	62	73	—	25	36	33	27	75	85	89	—	79	84	—	—	,,
4040—5040 ,,	56	67	—	—	18	40	12	27	75	83	84	—	71	—	—	—	,,
5040—6040 ,,	56	67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	,,
6040—7040 ,,	—	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	,,

Morgen- en middagwaarden verschillen over het algemeen weinig. Kenmerkend is het onderscheid tusschen Oosten- en Noordenwinden eenerzijds en Zuiden- en Westenwinden anderzijds. Bij de laatste neemt de bestendigheid bij toenemende hoogte maar met eenige procenten af; de bij het Oost-kwadrant ingedeelde waarnemingen zijn vooral in Lente en Herfst bij toenemende hoogte zeer onbestendig, terwijl de cijfers voor den Noordenwind tusschen die van Oosten en die van Westen en Zuiden liggen.

Tabel 50 aan het slot geeft een overzicht van de bestendigheid van de geheele vectorieele windsnelheid in verschillende maanden en jaargetijden en op alle niveaux, waarvoor het mogelijk was deze te berekenen.

In bijna alle maanden neemt de bestendigheid met toenemende hoogte toe, in tegenstelling tot de afneming, welke voor de afzonderlijke kwadranten werd gevonden. Tengevolge van de winddraaiingen naar boven verdwijnen de sterke richtingsverschillen. De grootste bestendigheid wordt aangetroffen in den Zomer; het doorstaan van den zomermoesson komt hier wel zeer sprekend op de niveaux boven 1000 meter hoogte tot uiting. De laagste waarden treft men in Februari, Maart en April aan. Vrij hoog is de bestendigheid verder in Januari, terwijl December vooral in de hoogere luchtlagen betrekkelijk geringe waarden vertoont. Zooals reeds eerder werd opgemerkt moeten deze laatste afwijkingen in den regelmatigen jaarlijkschen gang met de algemeene circulatie verband houden.

SAMENVATTING.

Zoowel voor algemeen wetenschappelijke doeleinden als voor de luchtvaart is de kennis van de windtoestanden in de bovenlucht van groot belang.

Van het uitgebreide waarnemingsmateriaal, dat voor De Bilt aanwezig is, zijn 10 jaren (1922—1931) uitvoerig bewerkt. Eerst is daartoe onderzocht, welke bewerkingsmethode de beste is, die van eenvoudige middeling of de zg. verschilmethode. Theoretisch is aangetoond, dat dit *in het algemeen* niet te zeggen is; verder is het voordeel van de verschilmethode voor de bepaling van *onze* windgemiddelden gedemonstreerd. Aangegeven is, hoe door indeeling volgens kwadranten en weertypen de verschilmethode is te verbeteren; het voordeel van deze „verbeterde verschilmethode" is met voorbeelden toegelicht. Gemiddelde snelheid en luchtverplaatsing zijn nu voor maanden, jaargetijden en jaar uit morgen- en middagwaarnemingen op verschillende hoogten en in diverse kwadranten berekend.

Snelheid. Bij de bespreking van den jaarlijkschen gang van de snelheid is de aandacht gevestigd op de verschuiving van de extremen in de diverse niveaux, welke met de turbulentie in verband kan worden gebracht. Tegen verwachting valt het minimum van de windsnelheid in de hoogere luchtlagen niet in den Zomer, doch in het vroege voorjaar. Zeer waarschijnlijk vindt dit zijn oorzaak in de temperatuursverschillen tusschen keerkring en pool, welke op groote hoogten in April minimaal blijken te zijn.

Met behulp van de snelheidsveranderingen met de hoogte beneden 1000 meter is de turbulentie tijdens morgen en middag voor jaargetijden en kwadanten vergeleken. De snelheidsverandering boven 1000 meter is in verband gebracht met de algemeene temperatuurverdeeling in depressie en hoogen druk. Mogelijke oorzaken van een dubbel minimum in de snelheidstoeneming per 100 meter stijging zijn besproken.

Luchtverplaatsing. De jaarlijksche gang is onderzocht, waarbij het secundaire zomermaximum is toegelicht. De groote verwarming van het vaste land in den Zomer uit zich door het inzetten van een bestendige WSW.-lijke strooming in Juli op de niveaux boven 1000 meter (de zomermoesson). Onze opvattingen omtrent den West-Europeeschen zomermoesson wijken aanmerkelijk af van die van Reger en Roediger.

De winddraaiing met de hoogte in de onderste niveaux is in verband gebracht met de turbulentie.

De aanwezigheid in de bovenlucht van land- en zeewinden van Zuiderzee en Noordzee is aangetoond.

Uit de verandering van de luchtverplaatsing met de hoogte boven 1000 meter zijn Oost-West- en Noord-Zuid-temperatuurgradienten berekend. Eerstgenoemde zijn in overeenstemming met de directe temperatuurwaarnemingen van Soesterberg en Lindenberg.

De lagere ligging van de stratosfeer in Winter en Lente schijnt te moeten worden toegeschreven aan een vrij sterke beweging uit het Noorden op grootere hoogten.

Besproken is verder het luchttransport in N.-S.-richting.

De verschillen tusschen morgen- en middagwaarden geven aanleiding tot het aannemen van een uitgebreid circulatie-systeem, dat men ,,groote land- en zeewind'' zou kunnen noemen. De realiteit van de verschillen is getoetst. De dagelijkschen gang van den windvector is vergeleken met dien van andere stations.

Bestendigheid. Ten slotte is de bestendigheid bepaald, welke vooral in Augustus in de hoogere luchtlagen groot blijkt te zijn.

LITERATUUROVERZICHT.

1. H. G. CANNEGIETER, *Wind, temperatuur en vochtigheid in de hoogere luchtlagen boven Soesterberg.* Het Vliegveld **2.** 111, 133, 144, 169. 1918 en **3.** 14. 1919.
2. H. G. CANNEGIETER, *Wind, temperatuur en vochtigheid in de hoogere luchtlagen boven Soesterberg.* Hemel en Dampkring **16.** 132, 145. 1919.
3. *Ergebnisse aerologischer Beobachtungen.* Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut, nr. 106 A.
4. F. M. EXNER, *Dynamische Meteorologie.* Wien. 1925.
5. H. KOSCHMIEDER, *Dynamische Meteorologie.* Leipzig. 1933.
6. NAPIER SHAW, *Manual of meteorology.* Cambridge. 1930, 1931.
7. E. VAN EVERDINGEN, *Handelingen van het XIIde Nederlandsche Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Utrecht.* 758. 1909.
8. C. SCHOUTE, *Ein Registriertheodolit für Pilotballone.* Mededeelingen en Verhandelingen. **26.** 1921. K. N. M. I. nr. 102.
9. O. TETENS, *Gummipilotballone.* Ergebnisse der Arbeiten des preussischen aeronautischen Laboratoriums **6.** 191. 1911.
10. P. BERGER, *Sondages aérologiques et vent au gradient en Suisse.* Thèse. Genève. 1933.
11. P. BERGER, *Caoutchouc et vitesse ascensionelle des ballons-pilotes.* Archives des Sciences physiques et naturelles. **17.** 213. 1935.
12. E. BJÖRKDAL, *Die mittlere Bewegung einer Luftschicht bei normaler Windverteilung.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **16.** 235. 1930.
13. A. WEGENER, *Über die Ableitung von Mittelwerten aus Drachenaufstiegen ungleicher Höhe.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **3.** 13. 1910.
14. *Jaarboek A. Meteorologie.* Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut, nr. 97.
15. C. H. D. BUYS BALLOT, *Sur la marche annuelle du thermomètre et du baromètre en Néerlande et en divers lieux de l'Europe, déduite d'observations simultanées de 1849 à 1859.* Kon. Ned. Meteorologisch Instituut, nr. 22.
16. G. HELLMANN, *Über die Zurückführung einer kurzen Beobachtungsreihe auf die längere einer benachbarten Normalstation.* Zeitschrift für Meteorologie. **10.** 181. 1875.
17. J. HANN, *Die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer.* Sitzungsberichte der Akad. Wien. **90.** 585. 1884; **91.** 403. 1885; **92.** 33. 1886.
18. J. HANN, *Die Verteilung des Luftdruckes in Mittel- und Süd-Europa.* Wien. 1887.
19. H. U. SVERDRUP, *Der Nordatlantische Passat.* Veröff. d. Geophys. Inst. d. Universität Leipzig. **2.** 1. 1917.
20. A. WAGNER, *Klimatologie der freien Atmosphäre,* Handbuch der Klimatologie. Bd I. Teil F. 1931.
21. F. WAGNER, *Über die Mittelwertbildung von Höhenwindbeobachtungen usw.* Ann. d. Hydrographie und maritimen Meteorologie. **60.** 272. 1932.
22. F. MÖLLER, *Über die Differenzenmethode bei Höhenwinden.* Ann. d. Hydrographie und maritimen Meteorologie. **62.** 279. 1934.
23. A. WAGNER, *Kritische Bemerkungen zur Differenzenmethode.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **21.** 269. 1934.

24. H. MEYER, *Anleitung zur Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen für die Klimatologie.* Berlin. 1891.

25. J. P. VAN DER STOK, *Gemiddelde waarden in de Meteorologie.* Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde, Amsterdam. 1905.

26. E. RUBINSTEIN, *Die Differenz der mittleren Monatstemperature zweier benachbarter Stationen als eine meteorologische Konstante.* Meteorologische Zeitschrift **39.** 348. 1922.

27. P. T. SMOLIAKEW *Die Fechnersche Korrelationsformel.* Meteorologische Zeitschrift. **44.** 468. 1927.

28. HANN-SÜRING, *Lehrbuch der Meteorologie, IV.* Auflage. 1926.

29. S. SKREB, *Das Cornusche Criterium.* Meteorologische Zeitschrift. **45.** 342. 1928.

30. C. BRAAK, *Het klimaat van Nederland*; C, luchtdrukking. D. wind. Mededeelingen en Verhandelingen. **32.** 32. 1929. K. N. M. I. nr. 102.

31. H. HERGESELL, *Aerologischen Studien im arktischen Sommer.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **6.** 224. 1914.

32. B. ROLF, *Lancers de ballons-sondes d'Abisko de 1921 à 1929.* Meddelanden fran Statens meteorologisk-hydrografiska Anstalt. **5.** nr 5. 1932.

33. *Ergebnisse aerologischer Beobachtungen* 21A. Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut. Nr. 106 A. 1933.

34. F. EREDIA, *La temperatura e l'umidita dell'atmosfera etc.* Att. Pont.-Acc. Sc. **81.** 85. 1927.

35. B. TZSCHIRNER, *Der Temperaturgang in drei Höhenstationen auf Teneriffa.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **10.** 17. 1921.

36. W. PEPPLER, *Die Beobachtungen der Marinedrachenstationen Breedene Meer und St. Michel in den Jahren* 1915—1918. Aus dem Archiv der deutschen Seewarte. **47.** Heft 3. 24. 1920.

37. A. PEPPLER, *Windgeschwindigkeiten und Drehungen in Cyklonen und Anticyklonen.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **4.** 97. 1912.

38. J. REGER, *Der jährliche Gang der Luftbewegung über Lindenberg bis 2000 meter Höhe.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **10.** 123. 1921.

39. G. ROEDIGER, *Der europäische Monsun.* Veröff. d. Geoph. Inst. d. Universität Leipzig. **4.** 119. 1929—1931.

40. O. TETENS, *Der tägliche Gang des Windes in der freien Atmosphäre über Lindenberg.* Die Arbeiten des preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg. **14.** 62. 1922.

41. E. KLEINSCHMIDT, *Der tägliche Gang des Windes in der freien Atmosphäre.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. **10.** 13. 1921.

42. J. DURWARD, *Diurnal variation in wind velocity and direction at different heights.* Professional notes no 15, Meteorological Office, London.

TABELLEN.

Tabel 1.

Aantallen waarnemingen, morgen.

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.
40 m	310	282	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310	920	920	910	902
40— 540 ,,	153	167	204	195	222	206	198	211	197	210	180	140	621	615	587	460
540— 1040 ,,	139	147	187	172	203	183	188	196	186	195	159	119	562	567	540	405
1040— 1540 ,,	111	128	162	154	183	160	160	171	164	163	127	91	499	491	454	330
1540— 2040 ,,	90	107	138	132	158	141	131	142	138	134	98	76	428	414	370	273
2040— 2540 ,,	62	81	105	109	132	106	101	104	104	93	61	51	346	311	258	194
2540— 3040 ,,	49	72	98	95	118	92	93	95	96	82	55	42	311	280	233	163
3040— 4040 ,,	24	47	65	64	82	69	66	59	76	48	26	25	211	194	150	96
4040— 5040 ,,	11	30	43	41	66	54	51	38	49	27	10	13	150	143	86	54
5040— 6040 ,,	—	20	30	21	43	35	35	19	28	14	—	—	94	89	50	33
6040— 7040 ,,	—	14	21	15	33	26	25	10	18	10	—	—	69	61	34	10
7040— 8040 ,,	—	—	11	13	25	20	19	—	10	—	—	—	49	46	20	—
8040— 9040 ,,	—	—	—	—	15	13	12	—	—	—	—	—	29	28	—	—

Tabel 2.

Aantallen waarnemingen, middag.

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.
40 m	310	282	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310	920	920	910	902
40— 540 ,,	114	116	169	139	180	182	173	158	151	144	127	97	488	513	422	327
540— 1040 ,,	99	102	152	119	166	162	151	142	135	129	110	84	437	455	374	285
1040— 1540 ,,	77	83	131	86	126	135	118	108	103	99	84	72	343	361	286	232
1540— 2040 ,,	56	67	104	67	94	112	93	74	79	73	66	58	265	279	218	181
2040— 2540 ,,	35	55	85	51	71	96	66	53	60	61	48	49	207	215	169	139
2540— 3040 ,,	28	49	74	44	67	91	62	47	50	55	40	42	185	200	145	119
3040— 4040 ,,	18	34	58	27	54	74	36	30	35	38	31	34	139	138	104	86
4040— 5040 ,,	12	23	40	19	46	53	31	17	24	28	23	23	105	99	75	58
5040— 6040 ,,	—	15	26	16	40	37	27	11	21	21	12	12	82	74	54	35
6040— 7040 ,,	—	11	16	11	30	31	20	—	17	18	10	—	57	59	45	23
7040— 8040 ,,	—	—	11	11	23	19	16	—	16	10	—	—	45	40	33	16
8040— 9040 ,,	—	—	—	—	17	16	13	—	12	—	—	—	33	34	24	—
9040—10040 ,,	—	—	—	—	11	12	10	—	—	—	—	—	22	24	—	—

Tabel 3.

Aantallen waarnemingen in de verschillende kwadranten.

Morgen.

Hoogte.	Lente. N.	Lente. E.	Lente. S.	Lente. W.	Zomer. N.	Zomer. E.	Zomer. S.	Zomer. W.	Herfst. N.	Herfst. E.	Herfst. S.	Herfst. W.	Winter. N.	Winter. E.	Winter. S.	Winter. W.
40 m	170	246	281	223	128	135	349	307	104	174	406	226	78	210	388	226
40— 540 ,,	98	196	196	131	92	124	218	181	64	132	243	148	39	126	176	119
540— 1040 ,,	82	188	176	116	81	120	204	162	57	125	223	135	37	115	150	103
1040— 1540 ,,	72	177	156	94	68	115	183	125	50	114	176	114	30	103	122	75
1540— 2040 ,,	59	164	128	77	58	102	156	98	40	101	140	89	27	93	100	53
2040— 2540 ,,	48	140	104	54	45	91	116	59	33	83	89	53	18	67	74	35
2540— 3040 ,,	43	131	93	44	41	84	106	49	31	80	74	48	18	59	63	23
3040— 4040 ,,	27	99	60	25	29	64	70	31	20	58	40	32	11	39	35	11
4040— 5040 ,,	18	72	46	14	24	55	46	18	14	35	24	13	—	22	20	—
5040— 6040 ,,	11	48	27	—	15	43	25	—	—	22	12	—	—	14	12	—
6040— 7040 ,,	—	39	18	—	11	28	19	—	—	16	—	—	—	—	10	—
7040— 8040 ,,	—	25	16	—	—	25	13	—	—	12	—	—	—	—	—	—
8040— 9040 ,,	—	15	11	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 4.

Aantallen waarnemingen in de verschillende kwadranten.

Middag.

Hoogte.	Lente. N.	Lente. E.	Lente. S.	Lente. W.	Zomer. N.	Zomer. E.	Zomer. S.	Zomer. W.	Herfst. N.	Herfst. E.	Herfst. S.	Herfst. W.	Winter. N.	Winter. E.	Winter. S.	Winter. W.
40 m	230	158	228	304	194	79	253	394	155	129	338	288	94	196	347	265
40— 540 ,,	112	97	130	149	114	58	134	207	81	64	156	121	44	90	101	92
540— 1040 ,,	99	90	122	126	99	55	127	174	72	60	136	106	40	83	90	72
1040— 1540 ,,	79	81	91	92	86	50	108	117	55	50	104	77	30	70	75	57
1540— 2040 ,,	59	65	73	68	73	42	81	83	41	44	82	51	23	63	57	38
2040— 2540 ,,	49	53	54	51	64	36	56	59	28	40	65	36	18	56	41	24
2540— 3040 ,,	44	48	45	48	61	35	49	55	27	38	51	29	14	48	34	23
3040— 4040 ,,	37	40	30	31	51	26	28	33	23	30	34	17	12	41	19	14
4040— 5040 ,,	31	30	21	22	39	20	21	19	16	25	24	10	—	28	15	—
5040— 6040 ,,	28	19	15	19	34	16	12	12	11	18	18	—	—	18	11	—
6040— 7040 ,,	17	16	11	13	27	14	—	—	—	16	14	—	—	12	10	—
7040— 8040 ,,	13	13	—	11	16	11	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—
8040— 9040 ,,	—	12	—	—	13	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—
9040—10040 ,,	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 5.

V, morgen, *Noord*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	14	17	16	**19**	16	14	13	12	*12*	12	14	16	17	13	12	16	15
40— 540 ,,	29	31	27	31	26	22	*21*	26	25	26	**33**	32	28	22	28	30	27
540—1040 ,,	34	**42**	32	36	29	*23*	24	26	27	32	38	39	32	24	32	28	30
1040—1540 ,,	37	—	33	33	31	*22*	25	26	29	33	42	44	32	24	34	42	32
1540—2040 ,,	—	—	32	30	33	*22*	29	31	30	31	44	49	32	26	34	46	33
2040—2540 ,,	—	—	—	33	32	27	31	—	30	—	—	—	34	29	34	—	34
2540—3040 ,,	—	—	—	35	35	32	35	—	31	—	—	—	36	33	34	—	36
3040—4040 ,,	—	—	—	—	40	35	37	—	35	—	—	—	40	36	39	—	40
4040—5040 ,,	—	—	—	—	45	37	—	—	42	—	—	—	—	40	—	—	44
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50

Tabel 6.

V, middag, *Noord*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	18	19	21	**21**	20	18	18	*16*	17	17	17	20	21	17	17	19	19
40— 540 ,,	25	23	24	26	25	20	*20*	20	25	24	30	**33**	25	20	26	26	24
540—1040 ,,	42	33	29	29	24	20	23	*20*	27	32	36	**48**	27	21	32	40	28
1040—1540 ,,	—	34	32	28	24	20	26	*17*	28	33	37	—	27	22	33	41	29
1540—2040 ,,	—	37	36	29	25	22	29	—	31	35	40	—	29	23	35	44	30
2040—2540 ,,	—	—	38	28	23	24	31	—	—	36	—	—	28	26	35	—	32
2540—3040 ,,	—	—	40	—	23	28	32	—	—	37	—	—	29	29	36	—	34
3040—4040 ,,	—	—	44	—	25	33	35	—	—	40	—	—	32	34	41	—	38
4040—5040 ,,	—	—	—	—	28	38	41	—	—	—	—	—	35	40	—	—	42
5040—6040 ,,	—	—	—	—	32	43	46	—	—	—	—	—	38	45	—	—	46
6040—7040 ,,	—	—	—	—	38	48	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	51
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55

Tabel 7.

V, morgen, *Oost*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	17	**18**	16	17	14	*12*	12	12	12	14	16	17	16	12	14	21	15
40— 540 ,,	30	**34**	28	26	26	*22*	24	26	25	30	33	**34**	27	24	29	33	28
540—1040 ,,	35	38	30	28	27	25	25	27	*22*	33	36	**42**	29	25	30	38	31
1040—1540 ,,	36	38	30	28	26	23	25	26	*21*	32	33	**42**	29	24	29	38	30
1540—2040 ,,	34	39	30	27	24	*21*	24	28	22	32	32	**41**	28	24	29	38	30
2040—2540 ,,	31	39	30	24	24	*22*	23	30	24	34	30	**41**	26	25	30	38	30
2540—3040 ,,	33	39	32	23	27	*22*	26	32	27	33	30	**41**	28	26	31	38	31
3040—4040 ,,	—	42	37	*24*	26	25	26	37	33	36	—	**44**	30	29	35	41	34
4040—5040 ,,	—	49	43	*26*	30	28	27	41	34	38	—	—	34	31	37	46	37
5040—6040 ,,	—	52	46	*30*	31	30	30	—	38	—	—	—	36	34	40	—	39
6040—7040 ,,	—	—	54	38	34	*32*	33	—	47	—	—	—	43	37	—	—	45
7040—8040 ,,	—	—	—	43	39	36	—	—	—	—	—	—	47	41	—	—	49
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54

Tabel 8.

V, middag, *Oost*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	17	19	20	**21**	17	18	16	14	*14*	18	17	17	20	16	16	18	18
40— 540 ,,	29	26	24	23	23	22	19	22	*18*	24	28	**31**	23	21	23	28	24
540—1040 ,,	34	33	29	27	27	24	*23*	27	23	32	40	**41**	28	24	31	36	30
1040—1540 ,,	33	36	30	*22*	27	26	25	24	23	33	41	**41**	28	25	31	37	31
1540—2040 ,,	34	40	30	23	27	26	30	*23*	24	33	—	**45**	28	26	32	40	32
2040—2540 ,,	—	38	31	*22*	—	24	—	25	25	27	—	45	27	25	29	39	31
2540—3040 ,,	—	39	36	*20*	—	25	—	25	25	27	—	49	30	26	31	41	33
3040—4040 ,,	—	41	43	—	—	30	—	—	34	29	—	54	36	31	34	45	37
4040—5040 ,,	—	44	45	—	—	32	—	—	—	36	—	59	39	34	37	50	41
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56

Tabel 9.

V, morgen, *Zuid*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	**21**	20	18	18	16	*16*	16	16	17	19	21	21	17	16	19	21	18
40— 540 ,,	**41**	34	30	28	*26*	28	30	32	34	38	38	38	28	32	37	38	34
540—1040 ,,	47	41	34	*33*	33	35	36	36	40	43	**48**	46	34	38	44	45	40
1040—1540 ,,	47	41	*33*	34	35	36	37	37	42	44	**48**	47	34	39	44	45	40
1540—2040 ,,	49	41	*36*	36	38	38	40	41	45	46	**49**	45	37	42	47	45	43
2040—2540 ,,	**53**	43	37	*34*	40	41	40	41	46	49	49	45	38	43	48	48	44
2540—3040 ,,	**58**	42	39	*37*	44	45	43	41	46	50	54	43	40	44	50	49	46
3040—4040 ,,	54	46	41	*38*	47	51	45	48	50	**56**	54	—	43	49	53	51	49
4040—5040 ,,	—	46	45	—	49	54	49	50	50	—	—	—	45	53	55	54	52
5040—6040 ,,	—	—	—	—	49	—	54	—	—	—	—	—	49	57	—	—	57
6040—7040 ,,	—	—	—	—	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62
7040—8040 ,,	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67

Tabel 10.

V, middag. *Zuid*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	22	**24**	21	21	19	21	*19*	20	20	22	22	22	20	20	21	23	21
40— 540 ,,	36	35	26	26	25	29	*24*	26	26	34	35	**37**	26	26	32	36	30
540—1040 ,,	**46**	45	34	32	32	36	*29*	33	33	43	46	45	33	32	41	46	38
1040—1540 ,,	**47**	45	36	36	37	36	*34*	37	36	44	44	45	36	36	42	46	40
1540—2040 ,,	**50**	44	38	38	38	38	*36*	41	38	44	48	45	38	39	44	47	42
2040—2540 ,,	**52**	46	39	39	40	44	*38*	44	42	47	52	46	39	42	47	49	44
2540—3040 ,,	**57**	48	38	*36*	44	—	39	48	39	49	54	52	39	45	48	53	46
3040—4040 ,,	—	—	41	—	—	—	43	—	39	—	59	—	42	49	50	—	49
4040—5040 ,,	—	—	44	—	—	—	42	—	—	—	63	—	46	52	54	—	53
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67

Tabel 11.

V, morgen, *West*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	**21**	20	18	16	14	15	15	*14*	14	16	19	20	16	15	16	20	17
40— 540 ,,	**40**	37	33	28	*25*	27	28	30	33	36	35	38	29	28	34	38	32
540—1040 ,,	**51**	44	45	36	*33*	35	37	35	39	44	43	49	38	36	42	48	40
1040—1540 ,,	**52**	45	45	38	*34*	39	40	38	40	47	45	49	39	39	44	49	42
1540—2040 ,,	**56**	51	46	40	*38*	42	45	41	44	50	46	52	41	43	47	53	46
2040—2540 ,,	55	—	47	39	*38*	44	45	43	50	55	46	**56**	41	44	51	54	47
2540—3040 ,,	—	—	—	44	*37*	44	47	44	52	58	51	—	44	46	54	59	50
3040—4040 ,,	—	—	—	48	*43*	48	—	50	58	63	—	—	49	50	60	—	55
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61

Tabel 12.

V, middag, *West*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M	A	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	24	**25**	21	23	*19*	19	20	20	19	20	20	21	21	20	20	23	21
40— 540 ,,	38	**39**	28	28	*24*	29	28	30	29	33	32	35	27	29	31	38	30
540—1040 ,,	**49**	46	37	32	*30*	34	36	36	36	40	43	44	33	36	39	46	38
1040—1540 ,,	**51**	50	39	*32*	35	38	38	38	38	42	44	49	36	38	41	50	40
1540—2040 ,,	56	53	41	*35*	36	44	39	40	42	48	50	**56**	38	41	46	55	44
2040—2540 ,,	—	—	43	38	*35*	46	40	42	45	54	—	53	39	43	50	56	46
2540—3040 ,,	—	—	46	40	*36*	48	45	47	46	60	—	57	40	47	54	60	49
3040—4040 ,,	—	—	—	—	40	54	46	—	—	—	—	—	46	52	—	—	55
4040—5040 ,,	—	—	—	—	44	65	—	—	—	—	—	—	53	—	—	—	61
5040—6040 ,,	—	—	—	—	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68

Tabel 13.

V, morgen en middag, *Noord*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	16	18	19	**20**	18	16	16	*14*	15	16	16	18	19	16	15	18	17
40— 540 ,,	27	26	25	29	25	*20*	21	24	26	25	31	**33**	26	21	27	28	25
540—1040 ,,	39	36	31	33	26	*21*	23	24	28	32	37	**43**	29	22	32	39	29
1040—1540 ,,	42	38	33	31	27	*21*	26	23	29	33	39	**45**	30	23	33	42	30
1540—2040 ,,	45	41	35	29	28	*22*	29	27	31	33	42	**50**	30	25	35	45	32
2040—2540 ,,	—	44	38	31	28	*25*	32	28	31	34	41	**49**	31	28	35	47	33
2540—3040 ,,	—	46	40	32	*28*	29	34	32	32	34	40	**51**	32	31	35	48	35
3040—4040 ,,	—	—	44	35	*32*	34	36	36	36	38	—	—	36	35	40	54	39
4040—5040 ,,	—	—	48	37	*36*	38	41	47	42	41	—	—	39	40	44	—	44
5040—6040 ,,	—	—	—	—	39	43	44	—	48	—	—	—	43	45	—	—	48
6040—7040 ,,	—	—	—	—	44	46	48	—	—	—	—	—	48	49	—	—	52
7040—8040 ,,	—	—	—	—	52	48	—	—	—	—	—	—	—	52	—	—	57
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60

Tabel 14.

V, morgen en middag, *Oost*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	17	18	18	**19**	15	14	14	*13*	*13*	16	16	17	17	14	15	17	16
40— 540 ,,	30	31	26	25	25	22	23	25	*22*	28	32	**32**	26	23	27	31	27
540— 1040 ,,	35	36	30	28	27	25	24	27	*22*	33	37	**42**	29	25	31	37	31
1040— 1540 ,,	35	37	31	27	26	24	25	25	*22*	32	35	**42**	29	25	30	38	30
1540— 2040 ,,	34	39	30	26	26	23	25	27	*23*	32	35	**43**	28	25	30	39	30
2040— 2540 ,,	32	39	31	24	24	*23*	24	29	25	32	32	**43**	27	25	30	38	30
2540— 3040 ,,	33	39	34	*22*	27	24	25	31	27	32	34	**45**	29	26	31	39	32
3040— 4040 ,,	36	42	39	*24*	28	27	26	37	33	34	35	**50**	32	30	35	43	35
4040— 5040 ,,	45	47	44	*27*	31	30	28	39	33	38	39	**53**	36	32	38	48	38
5040— 6040 ,,	—	52	48	*30*	31	33	30	45	36	40	—	—	38	36	39	53	41
6040— 7040 ,,	—	—	55	37	*33*	34	34	—	42	45	—	—	43	38	44	—	46
7040— 8040 ,,	—	—	—	40	37	*36*	37	—	48	—	—	—	46	41	49	—	49
8040— 9040 ,,	—	—	—	46	—	39	—	—	50	—	—	—	51	46	—	—	54
9040—10040 ,,	—	—	—	—	—	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61
10040—11040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67

Tabel 15.

V, morgen en middag, *Zuid*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	**22**	22	19	20	18	18	*17*	18	18	20	21	21	18	18	20	22	20
40— 540 ,,	**39**	35	29	27	*26*	28	28	30	31	36	37	37	26	28	35	37	32
540—1040 ,,	**47**	43	34	*32*	33	35	34	35	38	43	47	46	33	34	43	45	39
1040—1540 ,,	**47**	43	*34*	35	36	37	36	37	40	44	46	47	34	36	44	45	40
1540—2040 ,,	**49**	43	*37*	37	38	39	38	41	43	46	48	45	37	39	46	46	42
2040—2540 ,,	**53**	45	38	*36*	40	42	40	42	44	48	50	46	38	40	48	48	44
2540—3040 ,,	**57**	44	39	*37*	44	46	42	43	43	50	54	47	40	42	49	50	46
3040—4040 ,,	55	48	41	*37*	47	52	44	50	46	54	**57**	55	42	47	52	53	49
4040—5040 ,,	**60**	50	44	*38*	50	57	47	53	48	58	60	—	45	50	54	57	52
5040—6040 ,,	—	56	52	—	52	—	50	—	52	63	—	—	49	54	61	63	57
6040—7040 ,,	—	60	59	—	53	—	56	—	—	69	—	—	53	60	68	69	63
7040—8040 ,,	—	—	65	—	55	—	61	—	—	—	—	—	57	64	—	—	67
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70

Tabel 16.

V, morgen en middag, *West*.

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	22	**23**	20	20	*17*	17	18	18	17	18	20	20	19	18	18	22	19
40— 540 ,,	**40**	38	30	29	*25*	28	28	30	31	35	34	37	28	29	33	38	32
540—1040 ,,	**50**	45	40	35	*31*	35	36	36	38	44	43	47	36	36	39	48	39
1040—1540 ,,	**52**	48	42	36	*35*	39	39	38	39	46	44	49	37	38	40	50	41
1540—2040 ,,	**57**	52	43	39	*37*	43	42	41	43	50	47	54	40	42	44	54	45
2040—2540 ,,	**57**	55	45	39	*36*	45	42	43	48	55	49	54	40	44	48	55	46
2540—3040 ,,	**63**	56	49	44	*37*	47	46	46	50	59	54	59	42	46	52	60	50
3040—4040 ,,	—	—	57	48	*42*	52	47	52	56	65	57	68	48	51	57	67	55
4040—5040 ,,	—	—	—	—	48	63	52	55	—	—	—	—	54	58	62	—	61
5040—6040 ,,	—	—	—	—	51	—	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	68
6040—7040 ,,	—	—	—	—	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71
7040—8040 ,,	—	—	—	—	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78

Tabel 17.

V, totaal, morgen, volgens de verbeterde verschilmethode. *)

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	**20**	19	17	18	15	*14*	15	15	15	17	19	20	16	15	17	19	17
40— 540 ,,	**37**	33	29	28	26	*25*	28	30	31	34	36	36	28	28	34	36	31
540—1040 ,,	45	41	35	33	31	*31*	33	34	35	40	43	**45**	33	34	39	44	37
1040—1540 ,,	**46**	41	35	33	*32*	32	35	34	36	41	43	**46**	33	35	40	44	38
1540—2040 ,,	**47**	43	35	*31*	34	34	38	38	39	43	44	47	34	37	42	46	39
2040—2540 ,,	—	—	—	33	35	37	38	—	41	—	—	—	35	39	44	47	41
2540—3040 ,,	—	—	—	35	37	40	41	—	42	—	—	—	37	41	45	48	42
3040—4040 ,,	—	—	—	—	44	43	—	—	47	—	—	—	41	45	50	52	46
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44	49	52	—	50
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56

Tabel 18.

V, totaal, middag, volgens de verbeterde verschilmethode. *)

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	22	**22**	21	22	19	19	19	19	*18*	20	20	20	20	19	19	21	20
40— 540 ,,	35	32	26	26	*24*	25	25	27	26	30	33	**35**	25	26	30	34	28
540—1040 ,,	**45**	40	33	30	*29*	29	30	32	32	39	43	44	31	30	38	43	35
1040—1540 ,,	**46**	42	35	*30*	32	31	34	34	33	40	43	—	33	33	38	45	36
1540—2040 ,,	49	44	37	*32*	32	34	—	—	36	42	—	—	33	36	40	46	39
2040—2540 ,,	—	—	39	33	—	36	—	—	—	44	—	—	34	38	44	49	40
2540—3040 ,,	—	—	42	—	—	—	—	—	—	47	—	—	36	41	46	52	43
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	44	49	58	44
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44	51	53	—	52
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57

*) Voor de afzonderlijke maanden minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het geheele jaar.

Tabel 19.

V, totaal, morgen en middag, volgens de verbeterde verschilmethode *)

(km per uur).

Hoogte.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	**21**	20	19	20	17	17	17	17	*16*	18	19	20	18	17	18	20	18
40— 540 ,,	**38**	34	28	28	*25*	25	26	29	29	33	35	36	27	26	32	35	30
540—1040 ,,	**47**	41	34	32	*30*	*30*	32	33	34	40	43	45	32	31	38	44	36
1040—1540 ,,	**48**	42	35	33	*32*	*32*	33	35	35	41	43	46	33	33	39	45	37
1540—2040 ,,	**50**	44	36	*34*	*34*	34	37	38	38	43	45	48	34	36	41	46	39
2040—2540 ,,	**51**	45	38	*33*	33	36	38	39	40	46	46	49	35	38	43	48	41
2540—3040 ,,	**56**	46	40	*35*	36	39	40	42	41	47	49	52	36	40	45	50	43
3040—4040 ,,	—	—	45	*37*	39	44	42	48	46	51	—	—	40	44	49	55	47
4040—5040 ,	—	—	—	—	43	51	46	51	—	—	—	—	44	49	52	59	51
5040—6040 ,,	—	—	—	—	45	—	—	—	—	—	—	—	49	55	58	—	56
6040—7040 ,	—	—	—	—	48	—	—	—	—	—	—	—	53	—	—	—	61
7040—8040 ,,	—	—	—	—	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71

*) Voor de afzonderlijke maanden minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het geheele jaar.

Tabel 20.

N.-S. en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S. en W.: —.

km per uur

Morgen, *Noord*.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	12	- 1	14	2	13	3	**16**	2	13	0	12	- 1	11	- 1	10	- 2	*10*	- 1	11	2	12	- 2	13	0	14	2	11	- 1	11	0	13	0	13	0
40— 540 ,,	23	5	24	13	20	11	21	12	20	5	18	2	*16*	4	21	1	21	5	20	11	**28**	5	23	10	20	9	18	3	23	7	24	9	21	7
540—1040 ,,	28	9	32	19	24	13	22	17	20	3	18	0	*15*	3	18	0	22	6	24	14	**34**	7	28	16	22	10	17	1	26	8	30	14	22	7
1040—1540 ,,	34	6	—	—	29	9	18	14	16	0	15	- 3	*10*	- 1	13	- 6	22	8	26	9	**37**	4	35	16	19	7	13	- 3	27	7	35	14	21	5
1540—2040 ,,	—	—	—	—	24	4	17	9	16	- 4	13	- 5	*10*	- 2	12	-13	22	8	22	4	**39**	2	38	14	18	2	12	- 6	26	5	38	12	21	2
2040—2540 ,,	—	—	—	—	—	—	16	7	13	- 8	13	- 7	9	- 1	—	—	24	7	—	—	—	—	—	—	16	0	11	- 7	27	4	—	—	20	0
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	16	6	12	-12	16	-11	10	0	—	—	26	5	—	—	—	—	—	—	17	- 2	12	- 8	26	1	—	—	21	- 2
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	11	-15	14	-14	9	- 4	—	—	25	2	—	—	—	—	—	—	17	- 6	11	-11	24	- 4	—	—	20	- 5
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	10	-20	9	-18	—	—	—	—	25	- 1	—	—	—	—	—	—	—	—	9	-14	—	—	—	—	20	- 8
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	-12

Tabel 21.

Middag, *Noord*.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	15	- 4	16	3	18	3	**19**	0	17	0	16	- 2	15	- 1	*14*	0	15	0	15	0	14	- 2	17	- 2	18	1	15	- 2	15	0	16	0	16	0
40— 540 ,,	21	0	15	9	19	7	19	4	19	3	16	- 2	*15*	2	17	2	21	0	20	3	23	3	**25**	4	20	4	15	0	21	2	19	5	18	2
540—1040 ,,	34	6	18	15	20	10	15	6	13	4	10	0	*9*	2	12	1	20	0	24	5	24	6	**36**	10	15	6	10	1	23	4	28	11	17	4
1040—1540 ,,	—	—	22	14	22	9	14	1	8	1	7	- 5	8	- 7	8	- 3	17	- 2	25	6	28	3	—	—	14	3	7	- 5	24	2	32	10	16	1
1540—2040 ,,	—	—	27	10	26	9	14	0	9	- 4	7	- 8	*6*	-12	—	—	17	- 1	27	3	31	- 1	—	—	15	0	7	- 9	26	0	36	6	17	- 2
2040—2540 ,,	—	—	—	—	27	8	16	- 6	11	- 6	8	-12	*5*	-14	—	—	—	—	28	- 1	—	—	—	—	17	- 2	8	-12	26	- 3	—	—	18	- 5
2540—3040 ,,	—	—	—	—	30	8	—	—	9	-10	8	-15	5	-14	—	—	—	—	30	- 4	—	—	—	—	18	- 5	8	-15	26	- 5	—	—	19	- 7
3040—4040 ,,	—	—	—	—	32	6	—	—	7	-18	8	-19	1	-21	—	—	—	—	31	- 4	—	—	—	—	18	-10	7	-20	29	- 6	—	—	20	-11
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	7	-18	12	-22	1	-27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	- 9	9	-25	—	—	—	—	21	-14
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	7	-21	13	-25	1	-28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	-12	10	-28	—	—	—	—	22	-17
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	11	-25	14	-25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	-29	—	—	—	—	24	-19
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	-21

Tabel 22.

N.-S.- en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S. en W.: —.
km per uur

Morgen, *Oost*.

Hoogte.	J.		F.		M.		A.		M.		J.		J.		A.		S.		O.		N.		D.		L.		Z.		H.		W.		J.	
	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	F.
40 m	- 2	15	- 2	15	0	14	- 2	15	0	12	- 1	11	- 2	11	- 2	11	- 1	*11*	- 1	13	- 2	14	0	14	0	14	- 2	11	- 1	13	- 1	15	- 1	13
40— 540 ,,	-11	24	-11	26	- 7	20	- 9	18	- 6	18	- 8	17	- 9	*16*	-10	17	- 7	18	- 5	23	-11	24	- 8	**27**	- 7	19	- 9	17	- 8	22	-10	26	- 8	21
540—1040 ,,	-13	26	-10	27	- 5	22	- 9	19	- 5	18	- 6	17	- 9	15	-12	*14*	- 6	15	- 5	24	-13	22	- 8	**35**	- 6	20	- 9	15	- 9	21	-10	29	- 8	21
1040—1540 ,,	-10	27	- 6	27	- 5	20	- 9	16	- 6	16	- 4	14	- 9	12	-14	*8*	- 5	10	- 4	21	-10	20	- 3	**33**	- 7	18	- 9	11	- 6	17	- 6	28	- 7	18
1540—2040 ,,	- 5	22	- 6	25	- 2	18	- 9	11	- 5	11	- 4	7	- 9	10	-12	*3*	- 6	6	- 1	19	-11	17	0	**29**	- 5	14	- 8	7	- 6	14	- 4	25	- 6	15
2040—2540 ,,	- 2	16	- 3	23	- 2	16	- 7	6	- 6	6	- 3	4	- 9	8	-13	- *1*	- 6	2	0	18	-11	12	2	**29**	- 5	10	- 8	3	- 5	11	- 2	23	- 5	12
2540—3040 ,,	- 3	15	0	22	- 3	16	- 6	4	- 6	4	- 2	1	- 9	8	-12	- *7*	- 5	- 2	1	14	-10	11	3	**28**	- 5	9	- 8	1	- 5	8	1	22	- 4	10
3040—4040 ,,	—	—	- 1	22	0	13	- 4	4	- 6	2	1	- 4	-11	4	-12	*-12*	- 5	- 7	1	12	—	—	2	**22**	- 3	7	- 7	- 4	- 4	4	0	20	- 4	6
4040—5040 ,,	—	—	4	19	2	11	- 4	- 2	- 4	2	1	- 8	-12	- 4	-11	*-17*	- 5	-10	3	10	—	—	—	—	- 2	4	- 8	-10	- 4	2	7	15	- 2	3
5040—6040 ,,	—	—	7	22	5	7	1	- 1	- 5	- 2	- 3	-12	-14	-10	—	—	- 3	-14	—	—	—	—	—	—	0	2	- 9	-13	- 2	- 2	—	—	- 1	0
6040—7040 ,,	—	—	—	—	4	3	3	- 5	- 5	- 4	- 4	-17	-12	-10	—	—	4	-14	—	—	—	—	—	—	1	- 1	-10	-16	—	—	—	—	0	- 2
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	7	- 3	- 2	- 2	1	-16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	- 7	-17	—	—	—	—	3	- 2
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	- 1

Tabel 23.

Middag, *Oost*.

40 m	- 2	15	- 1	16	0	18	- 2	**19**	1	15	- 6	16	- 4	13	- 2	12	- 1	*12*	0	15	- 2	15	0	14	0	17	- 4	14	- 1	14	- 1	15	- 1	15
40— 540 ,,	- 8	**24**	- 5	22	- 2	19	- 2	20	0	20	- 6	18	- 8	*13*	- 5	18	- 3	15	- 1	20	- 8	22	- 6	22	- 2	20	- 6	16	- 4	19	- 6	22	- 4	20
540—1040 ,,	-14	25	- 8	24	- 8	18	- 6	21	- 4	23	-12	16	-14	*10*	-12	18	- 9	16	- 6	26	-16	26	- 6	**29**	- 7	20	-12	14	-10	23	- 9	26	- 9	21
1040—1540 ,,	- 8	21	- 8	21	- 8	16	- 5	14	- 6	17	-15	10	-14	*7*	-13	8	-10	10	- 4	25	-12	26	- 1	**27**	- 7	16	-14	9	- 9	19	- 6	23	- 8	17
1540—2040 ,,	- 3	13	- 7	20	- 5	15	- 6	11	- 8	11	-14	4	-14	*3*	-13	4	-10	5	- 2	20	—	—	1	**27**	- 6	13	-14	4	- 8	15	- 4	21	- 7	14
2040—2540 ,,	—	—	- 5	16	- 5	12	- 6	6	—	—	-11	0	—	—	-12	0	- 9	4	0	14	—	—	4	**25**	- 5	10	-12	- 1	- 7	11	- 1	18	- 5	10
2540—3040 ,,	—	—	0	12	- 3	12	- 4	4	—	—	-11	- 2	—	—	-10	- 4	- 8	3	1	13	—	—	14	**22**	- 3	9	-11	- 4	- 8	11	4	15	- 3	9
3040—4040 ,,	—	—	0	10	0	14	—	—	—	—	-10	- 6	—	—	—	—	- 9	2	3	10	—	—	20	**18**	- 2	9	- 8	- 8	- 6	9	7	12	- 2	7
4040—5040 ,,	—	—	- 4	12	5	11	—	—	—	—	- 6	- 8	—	—	—	—	—	—	4	4	—	—	24	**11**	1	7	- 6	-12	- 4	1	9	10	1	3
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 5	-10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	0
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	2

Tabel 24.

N.-S.- en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S en W.: —.

km per uur

Morgen, *Zuid.*

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	-19	- 2	-18	- 2	-16	- 2	-16	- 3	-15	- 3	*-13*	- 4	-14	- 5	-14	- 4	-15	- 4	-17	- 3	-19	- 2	-19	- 2	-16	- 3	-14	- 4	-17	- 3	-19	- 2	-16	- 3
40— 540 ,,	-31	-21	-23	-16	-20	-17	-20	-15	-18	-14	*-17*	-17	-20	-19	-18	-21	-21	-21	-25	-23	-28	-18	-27	-18	-19	-15	-18	-19	-25	-21	-27	-18	-22	-18
540—1040 ,,	-30	-31	-22	-25	-19	-21	-21	-18	-18	-20	*-17*	-25	-20	-26	-18	-26	-22	-30	-23	-29	-30	-27	-27	-28	-19	-20	-18	-25	-25	-29	-26	-28	-22	-26
1040—1540 ,,	-28	-33	-21	-25	-16	-22	-21	-18	-19	-22	*-14*	-27	-19	-26	-18	-27	-22	-30	-22	-32	-28	-29	-26	-31	-18	-22	-17	-26	-24	-30	-25	-29	-21	-27
1540—2040 ,,	-26	-35	-18	-26	-14	-25	-22	-19	-18	-24	*-13*	-29	-18	-29	-17	-30	-22	-32	-21	-35	-27	-29	-22	-29	-18	-23	-17	-30	-24	-32	-22	-30	-20	-29
2040—2540 ,,	-25	-37	-14	-26	-14	-27	-19	-21	-16	-28	*-10*	-32	-17	-29	-18	-31	-21	-32	-23	-37	-26	-31	-17	-30	-16	-26	-16	-31	-23	-33	-19	-31	-19	-30
2540—3040 ,,	-22	-41	*-10*	-27	-13	-28	-21	-22	-17	-30	-10	-36	-15	-30	-17	-32	-18	-32	-20	-37	-27	-32	-18	-34	-16	-27	-14	-32	-22	-34	-16	-34	-18	-32
3040—4040 ,,	-17	-36	*- 8*	-30	-14	-27	-18	-23	-18	-33	- 9	-43	-13	-31	-17	-36	-17	-33	-17	-43	-27	-37	—	—	-17	-29	-14	-36	-20	-37	-11	-32	-16	-34
4040—5040 ,,	—	—	- 3	-30	-15	-31	—	—	-17	-36	- 8	-43	-13	-34	-14	-42	-17	-32	—	—	—	—	—	—	-16	-32	-12	-39	-19	-37	- 5	-36	-15	-36
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	-16	-36	—	—	-11	-40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-15	-33	-10	-44	—	—	—	—	-12	-39
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	-16	-34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-10	-42
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	-13	-36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 6	-45

Tabel 25.

Middag, *Zuid.*

40 m	-20	- 3	-21	- 1	-18	- 2	-19	- 1	-17	- 5	-18	- 7	*-17*	- 5	-17	- 4	-17	- 5	-19	- 6	-20	- 3	-19	- 3	-18	- 3	-17	- 5	-19	- 4	-20	- 3	-19	- 4
40— 540 ,,	-27	-21	-28	- 9	-21	- 7	-21	- 4	-19	-10	-21	-16	*-19*	- 8	-21	- 8	-21	-10	-25	-15	-29	-13	-29	-16	-20	- 7	-20	- 9	-25	-13	-28	-16	-24	-11
540—1040 ,,	-28	-34	-32	-20	-24	-13	-25	- 5	-24	-17	-25	-20	*-20*	-12	-25	-16	-24	-15	-26	-26	-30	-26	-29	-24	-24	-12	-23	-15	-27	-23	-30	-28	-26	-19
1040—1540 ,,	-23	-36	-30	-21	-24	-16	-26	- 9	-26	-22	*-21*	-25	-22	-15	-26	-21	-24	-22	-23	-30	-27	-27	-27	-24	-25	-16	-24	-19	-25	-26	-26	-29	-25	-22
1540—2040 ,,	-26	-38	-29	-22	-25	-17	-25	- 9	-26	-25	*-18*	-29	-24	-19	-26	-26	-23	-26	-24	-29	-30	-29	-21	-22	-25	-18	-24	-24	-26	-28	-25	-29	-25	-24
2040—2540 ,,	-26	-39	-26	-21	-26	-18	-25	-11	-26	-27	-21	-35	-24	-20	-25	-30	-22	-31	-24	-32	-33	-30	*-15*	-22	-26	-19	-24	-27	-27	-31	-23	-30	-25	-26
2540—3040 ,,	-23	-41	-26	-23	-24	-20	-22	-14	-29	-29	—	—	-22	-22	-25	-34	-21	-29	-25	-34	-32	-33	*-12*	-26	-25	-21	-23	-31	-26	-32	-21	-32	-24	-29
3040—4040 ,,	—	—	—	—	-16	-21	—	—	—	—	—	—	-21	-24	—	—	-19	-29	—	—	-34	-38	—	—	-20	-24	-23	-35	-27	-35	—	—	-22	-31
4040—5040 ,,	—	—	—	—	-16	-25	—	—	—	—	—	—	-22	-21	—	—	—	—	—	—	-33	-42	—	—	-20	-28	-23	-36	-25	-37	—	—	-20	-33
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-18	-33
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-17	-35
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-15	-36

Tabel 26.

N.-S.- en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S. en W.: —.
km per uur
Morgen, *West*.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	- 3	-19	- 3	-18	1	-16	0	-15	- 1	-13	0	-13	- 2	-13	- 1	*-12*	- 2	-13	- 1	-15	- 2	-16	- 2	-18	0	-15	- 1	-13	- 1	-14	- 2	-18	- 1	-14
40— 540 ,,	11	**-32**	10	-29	12	-26	6	-24	4	*-20*	6	-22	5	-23	6	-25	10	-25	13	-28	10	-27	11	-28	7	-24	5	-23	11	-27	11	-30	8	-26
540—1040 ,,	19	**-40**	14	-33	22	-32	9	-29	6	-27	11	*-27*	5	-30	10	-28	15	-28	20	-33	17	-32	20	-32	12	-30	9	-28	18	-31	18	-35	14	-31
1040—1540 ,,	20	**-38**	15	-35	23	-31	9	-30	5	-27	12	-29	2	-33	10	-30	15	-29	21	-35	15	-32	23	-30	12	-30	8	-31	17	-32	20	-35	14	-32
1540—2040 ,,	23	**-40**	16	-39	24	-30	9	-32	6	*-29*	12	-33	2	-36	10	-34	15	-31	24	-36	16	-36	26	-33	12	-31	8	-34	19	-34	22	-37	15	-34
2040—2540 ,,	24	-40	—	—	25	-28	11	-31	7	-29	10	-34	4	-35	12	-36	14	-35	26	**-40**	16	-36	24	-37	14	-30	9	-35	19	-37	23	-39	15	-35
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	14	-33	7	-29	11	-31	4	-37	14	-35	12	-37	31	-39	20	-36	—	—	16	-31	10	-34	21	-38	25	-41	17	-36
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	17	-37	6	-32	8	-35	—	—	16	-38	14	-40	34	-45	—	—	—	—	17	-34	10	-37	24	-41	—	—	18	-39
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	-41

Tabel 27.

Middag, *West*.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	- 2	-21	- 3	**-22**	0	*-16*	3	-20	0	-16	2	-17	0	-18	1	-18	- 1	-17	- 2	-18	- 2	-18	- 2	-19	1	-18	1	-18	- 2	-18	- 2	-21	0	-18
40— 540 ,,	8	-32	- 2	**-35**	3	*-20*	5	-24	- 1	-22	3	-25	1	-26	0	-25	0	-26	1	-29	5	-28	6	-28	2	-22	1	-25	- 2	-28	4	-31	2	-26
540—1040 ,,	16	-37	- 1	**-41**	4	-27	3	-26	- 5	*-24*	1	-29	- 3	-32	2	-31	0	-32	6	-34	12	-34	14	-31	0	-26	1	-31	- 5	-33	10	-36	2	-31
1040—1540 ,,	14	-38	0	**-45**	3	-29	0	*-25*	- 8	-28	2	-30	- 3	-33	- 4	-32	0	-35	9	-32	15	-34	20	-32	- 2	-28	- 2	-32	- 6	-34	12	-38	2	-32
1540—2040 ,,	16	-39	4	**-48**	4	-30	2	*-26*	- 8	-30	2	-33	- 2	-35	- 6	-33	- 2	-38	13	-38	17	-38	23	-36	- 1	-30	- 2	-34	- 7	-38	15	-41	3	-35
2040—2540 ,,	—	—	—	—	6	-32	4	*-29*	- 5	-31	0	-37	- 1	-34	- 2	-35	- 2	-38	17	-42	—	—	20	-34	2	-31	- 2	-36	- 9	-40	16	-41	4	-36
2540—3040 ,,	—	—	—	—	10	-32	5	*-30*	- 6	-31	0	-39	1	-39	0	-40	- 1	-38	19	-48	—	—	25	-32	3	-32	0	-39	-10	-43	19	-41	6	-39
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 4	-34	- 1	-43	- 1	-37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	-36	0	-42	—	—	—	—	7	-42
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 4	-36	1	-51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	-36	—	—	—	—	—	—	10	-44
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 1	-36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	-48

Tabel 28.

N.-S.- en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S. en W.: —.
km per uur

Noord, morgen en middag.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	14	- 2	15	2	16	3	**18**	1	16	0	14	- 2	13	- 1	13	- 1	*12*	- 1	14	1	13	- 2	15	- 1	16	1	14	- 1	13	0	15	0	15	0
40— 540 ,,	22	3	18	10	20	9	20	8	20	4	16	0	*16*	3	20	2	21	3	20	6	**25**	4	24	8	20	6	17	1	22	4	21	7	20	4
540—1040 ,,	**32**	7	24	16	22	11	18	11	16	3	13	0	*12*	2	16	1	21	3	24	9	28	6	32	13	18	8	13	1	24	6	29	12	19	6
1040—1540 ,,	**37**	6	26	17	23	9	16	8	12	0	10	- 4	*9*	- 4	12	- 4	20	3	26	7	32	4	36	12	16	5	10	- 4	25	5	33	12	18	3
1540—2040 ,,	41	2	30	14	25	6	15	4	12	- 4	9	- 7	*8*	- 8	13	- 9	20	4	25	3	35	0	40	9	16	1	9	- 8	26	2	37	9	19	0
2040—2540 ,,	—	—	35	12	27	7	16	1	12	- 7	10	-10	*7*	- 8	12	-13	22	3	26	0	33	- 2	42	4	16	- 1	9	-10	27	0	40	6	20	- 3
2540—3040 ,,	—	—	36	14	30	8	17	- 1	10	-11	10	-14	*8*	- 7	13	-17	24	2	25	- 5	30	- 5	44	- 2	17	- 3	10	-12	26	- 2	41	4	20	- 5
3040—4040 ,,	—	—	—	—	32	5	19	- 6	9	-17	10	-17	*5*	-13	13	-23	24	- 1	26	- 6	—	—	—	—	17	- 8	9	-16	26	- 5	45	5	20	- 8
4040—5040 ,,	—	—	—	—	30	2	19	- 4	8	-19	12	-20	*4*	-18	16	-29	24	- 4	25	-10	—	—	—	—	16	-10	10	-21	26	- 9	—	—	20	-12
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	7	-22	14	-24	*4*	-19	—	—	29	- 8	—	—	—	—	—	—	17	-13	11	-24	—	—	—	—	22	-14
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	10	-25	13	-24	5	-21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	-16	12	-25	—	—	—	—	23	-16
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	14	-29	11	-26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	-26	—	—	—	—	23	-18
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	-32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	-22

Tabel 29.

Oost, morgen en middag.

40 m	- 2	15	- 1	16	0	15	- 2	**17**	1	13	- 3	13	- 3	12	- 2	12	- 1	*11*	- 1	14	- 2	14	0	14	0	15	- 2	12	- 1	13	- 1	15	- 1	14
40— 540 ,,	- 9	24	- 8	24	- 5	20	- 7	19	- 4	19	- 7	17	- 9	*15*	- 9	17	- 6	17	- 4	22	-11	23	- 7	**25**	- 5	19	- 8	17	- 7	21	- 8	25	- 7	20
540—1040 ,,	-13	26	- 9	26	- 6	20	- 8	20	- 5	20	- 8	17	-11	*13*	-12	15	- 7	15	- 5	25	-14	23	- 7	**32**	- 6	20	-10	15	- 8	22	-10	28	- 8	21
1040—1540 ,,	- 9	25	- 7	25	- 6	19	- 8	16	- 6	16	- 8	12	-10	11	-13	*9*	- 7	10	- 4	22	-11	22	- 2	**30**	- 7	17	-10	10	- 7	18	- 6	27	- 7	18
1540—2040 ,,	- 4	18	- 6	23	- 4	17	- 8	11	- 6	11	- 8	6	-10	8	-12	*4*	- 7	5	- 2	20	-12	19	0	**28**	- 6	14	-10	6	- 6	15	- 4	24	- 6	15
2040—2540 ,,	- 2	15	- 4	20	- 3	15	- 6	7	- 5	6	- 6	2	-11	5	-12	*0*	- 7	3	0	17	-12	13	3	**27**	- 5	10	-10	2	- 6	11	- 1	22	- 5	12
2540—3040 ,,	- 2	14	0	18	- 3	15	- 5	4	- 5	4	- 6	0	-11	4	-12	- *6*	- 6	0	1	14	-12	14	9	**25**	- 5	9	- 9	- 1	- 6	9	2	20	- 4	10
3040—4040 ,,	- 1	10	- 0	17	0	13	- 4	4	- 6	2	- 3	- 5	-12	0	-10	*-10*	- 6	- 4	2	12	-12	12	12	**20**	- 4	8	- 8	- 5	- 5	6	3	17	- 3	7
4040—5040 ,,	10	4	1	**16**	3	11	- 4	- 1	- 4	1	- 3	- 8	-13	- 8	- 9	*-15*	- 6	-10	3	8	- 5	8	18	13	- 2	5	- 7	-10	- 4	2	8	14	- 1	3
5040—6040 ,,	—	—	1	**20**	6	8	1	- 1	- 4	- 1	- 4	-12	-13	-13	- 9	*-16*	- 5	-13	4	3	—	—	—	—	0	4	- 8	-14	- 2	- 2	8	13	0	1
6040—7040 ,,	—	—	—	—	7	6	4	- 2	- 4	- 2	- 6	-16	-11	-15	—	—	- 1	-13	7	0	—	—	—	—	2	2	- 9	-17	1	- 3	—	—	1	- 1
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	9	0	- 2	- 1	- 1	-14	-10	-17	—	—	2	-13	—	—	—	—	—	—	4	3	- 7	-17	3	- 4	—	—	3	- 1
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	15	7	—	—	0	-10	—	—	—	—	1	-17	—	—	—	—	—	—	9	7	- 7	-17	—	—	—	—	4	0
9040-10040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	-10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	- 1
10040-11040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	- 4

Tabel 30.

N.-S.- en E.-W.-componenten. N. en E.: +; S. en W.: —.
km per uur

Zuid, morgen en middag.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	-20	- 2	-19	- 1	-17	- 2	-17	- 2	-16	- 4	*-15*	- 5	-15	- 5	-16	- 4	-16	- 4	-18	- 4	-19	- 2	-19	- 3	-17	- 3	-15	- 5	-18	- 4	-19	- 2	-17	- 3
40— 540 ,,	-29	-21	-25	-14	-20	-13	-21	-10	*-18*	-12	-19	-17	-19	-15	-20	-16	-21	-17	-25	-20	-28	-16	-28	-17	-20	-12	-19	-16	-25	-18	-27	-18	-23	-16
540—1040 ,,	-29	-32	-26	-24	-21	-18	-23	-12	-20	-19	*-20*	-24	-20	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-28	-30	-27	-28	-27	-21	-17	-20	-22	-26	-26	-28	-28	-24	-23
1040—1540 ,,	-26	-34	-24	-24	-20	-20	-23	-14	-22	-22	*-17*	-26	-20	-21	-21	-25	-23	-27	-22	-31	-28	-28	-26	-28	-21	-19	-20	-24	-24	-29	-26	-29	-23	-25
1540—2040 ,,	-25	-37	-22	-25	-18	-22	-24	-14	-21	-25	*-15*	-29	-20	-25	-21	-29	-22	-30	-22	-33	-29	-29	-21	-26	-21	-21	-20	-27	-24	-31	-23	-30	-22	-27
2040—2540 ,,	-25	-38	-19	-25	-18	-24	-22	-16	-20	-27	*-14*	-33	-20	-25	-21	-30	-21	-32	-24	-35	-29	-30	-16	-27	-20	-23	-19	-29	-25	-32	-21	-31	-21	-29
2540—3040 ,,	-22	-41	-15	-26	-18	-25	-22	-18	-21	-30	*-14*	-37	-18	-27	-20	-32	-19	-31	-22	-36	-29	-32	-15	-31	-20	-25	-18	-31	-23	-33	-18	-33	-20	-31
3040—4040 ,,	-17	-37	-13	-27	-15	-25	-18	-22	-21	-32	*-12*	-43	-16	-28	-21	-37	-18	-32	-21	-40	-31	-37	—	—	-18	-26	-17	-35	-23	-36	-12	-32	-18	-33
4040—5040 ,,	-11	-43	- 8	-29	-16	-29	-16	-23	-21	-35	-13	-45	-16	-29	-17	-43	-18	-31	-17	-42	-30	-41	—	—	-18	-30	-16	-38	-21	-37	- 6	-34	-17	-35
5040—6040 ,,	—	—	- 2	-29	-13	-30	—	—	-20	-33	—	—	-15	-32	—	—	-15	-32	-16	-45	—	—	—	—	-16	-30	-15	-40	-19	-41	0	-34	-14	-37
6040—7040 ,,	—	—	- 6	-31	- 9	-29	—	—	-21	-31	—	—	-13	-38	—	—	—	—	-13	-48	—	—	—	—	-15	-28	-13	-46	-18	-45	2	-37	-13	-40
7040—8040 ,,	—	—	—	—	- 3	-30	—	—	-19	-35	—	—	-13	-43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-12	-31	-10	-49	—	—	—	—	-10	-41
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	- 7	-41

Tabel 31.

West, morgen en middag.

40 m	- 3	-20	- 3	-20	0	-16	1	-18	0	*-15*	1	-15	- 1	-16	0	-16	- 1	-15	- 2	-16	- 2	-17	- 2	-18	0	-16	0	-16	- 2	-16	- 2	-19	- 1	-17
40— 540 ,,	10	-32	4	-32	7	-23	6	-25	1	*-21*	4	-24	2	-24	3	-25	5	-26	8	-29	8	-28	9	-28	4	-23	3	-24	7	-28	8	-31	5	-26
540—1040 ,,	18	-39	6	-37	11	-29	7	-29	0	*-26*	6	-28	0	-31	3	-30	7	-31	15	-34	15	-33	18	-32	6	-28	3	-30	10	-31	15	-36	8	-31
1040—1540 ,,	18	-39	7	-40	11	-30	6	-29	- 2	*-28*	7	-30	- 1	-33	3	-32	7	-32	16	-34	15	-33	22	-31	5	-29	3	-32	11	-32	16	-36	8	-32
1540—2040 ,,	20	-40	10	-44	12	-30	7	-30	- 2	*-30*	7	-33	- 1	-36	2	-34	7	-35	19	-38	16	-37	24	-35	5	-30	3	-34	12	-35	19	-39	8	-35
2040—2540 ,,	22	-40	13	-45	14	-30	9	-31	0	*-30*	5	-36	1	-35	5	-36	6	-37	22	-42	17	-37	22	-36	7	-30	3	-36	13	-37	20	-40	10	-36
2540—3040 ,,	25	-45	13	-47	19	-30	11	-32	0	*-30*	6	-36	2	-38	6	-37	6	-38	26	-43	20	-38	27	-36	9	-31	4	-37	15	-38	23	-41	11	-37
3040—4040 ,,	—	—	—	—	18	-36	15	-36	0	*-33*	4	-40	1	-37	9	-41	6	-42	31	-46	24	-39	30	-42	10	-35	4	-40	18	-42	24	-46	12	-41
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	1	-34	2	-47	1	-41	12	-43	—	—	—	—	—	—	—	—	14	-36	4	-44	16	-44	—	—	14	-43
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	1	-36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	-38	—	—	—	—	—	—	15	-45
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	-46
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	9	-42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	-52

Tabel 32.

Gemiddelde N.-S.- en E.-W.-componenten volgens de verbeterde verschilmethode. [1]
N. en E.: +; S. en W.: —. km per uur.

Morgen.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	- 9	- 3	- 6	1	- 2	1	- 1	- 1	- 3	- 2	- 2	- 4	- 5	- 5	- 6	- 4	- 5	- 3	- 7	- 3	- 8	- 2	- 8	- 3	- 2	0	- 4	- 4	- 7	- 3	- 8	- 2	- 5	- 2
40— 540 ,,	-12	-14	- 9	- 3	- 2	- 2	- 1	- 4	- 3	- 5	- 1	-10	- 5	-13	- 7	-14	- 8	-12	- 7	-12	-11	- 9	- 8	- 9	- 2	- 4	- 4	-12	- 7	-11	- 9	- 9	- 6	- 9
540—1040 ,,	- 9	-20	- 6	- 6	1	- 4	0	- 5	- 3	- 9	1	-14	- 5	-18	- 6	-18	- 3	-16	- 4	-16	-10	-15	- 6	-12	- 1	- 6	- 3	-17	- 5	-15	- 6	-13	- 4	-13
1040—1540 ,,	- 7	-20	- 4	- 6	2	- 5	- 1	- 6	- 4	-11	2	-16	- 6	-20	- 6	-21	- 3	-17	- 2	-18	- 9	-16	- 3	-14	- 1	- 8	- 3	-19	- 4	-17	- 4	-14	- 3	-14
1540—2040 ,,	- 4	-23	- 2	- 8	4	- 7	- 2	-10	- 3	-14	2	-20	- 6	-22	- 6	-25	- 3	-19	- 1	-21	- 8	-18	1	-14	0	-10	- 3	-22	- 4	-20	- 1	-16	- 2	-17
2040—2540 ,,	—	—	—	—	—	—	0	-11	- 3	-17	3	-22	- 5	-22	—	—	- 2	-21	—	—	—	—	—	—	1	-12	- 3	-24	- 4	-22	0	-17	- 2	-19
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	0	-13	- 3	-19	4	-23	- 4	-23	—	—	- 1	-22	—	—	—	—	—	—	1	-14	- 2	-25	- 2	-23	3	-19	0	-20
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 4	-22	3	-28	—	—	—	—	0	-25	—	—	—	—	—	—	1	-16	- 1	-28	- 1	-26	5	-20	0	-23
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-19	- 2	-32	- 1	-28	—	—	1	-26
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	-28

Tabel 33.

Middag.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	- 9	- 6	- 6	- 1	- 1	- 1	1	- 4	0	- 5	2	- 8	- 2	- 8	- 4	- 8	- 3	- 6	- 5	- 6	- 8	- 4	- 6	- 4	0	- 3	- 1	- 8	- 5	- 5	- 7	- 4	- 3	- 5
40— 540 ,,	-10	-15	- 9	- 5	- 1	- 3	1	- 5	0	- 7	2	-12	- 3	-12	- 6	-12	- 2	-11	- 5	-11	-10	-10	- 8	-10	0	- 5	- 2	-11	- 6	-10	- 9	-10	- 4	- 9
540—1040 ,,	- 8	-22	-10	- 8	- 2	- 6	- 2	- 5	- 5	- 9	- 2	-14	- 7	-16	- 9	-17	- 4	-15	- 4	-16	-10	-16	- 5	-12	- 3	- 7	- 6	-16	- 6	-15	- 7	-14	- 6	-13
1040—1540 ,,	- 4	-24	- 9	-11	- 2	- 8	- 4	- 8	- 8	-13	- 2	-17	- 8	-20	-11	-21	- 5	-19	- 2	-16	- 7	-17	—	—	- 5	-10	- 7	-19	- 5	-18	- 5	-16	- 5	-15
1540—2040 ,,	- 4	-26	- 6	-13	0	- 9	- 3	- 9	- 8	-17	- 2	-20	—	—	—	—	- 5	-22	0	-19	—	—	—	—	- 4	-12	- 7	-23	- 4	-20	- 2	-18	- 5	-18
2040—2540 ,,	—	—	—	—	0	-10	- 2	-13	—	—	- 3	-24	—	—	—	—	—	—	2	-23	—	—	—	—	2	-14	- 7	-25	- 4	-23	0	-19	- 4	-20
2540—3040 ,,	—	—	—	—	4	-11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-26	—	—	—	—	1	-15	- 6	-29	- 3	-24	3	-21	- 3	-22
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	-19	- 6	-32	- 2	-27	8	-23	1	-25
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-20	- 5	-37	- 2	-31	—	—	1	-28
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	-30

1) Minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting voor de afzonderlijke maanden, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het jaar.

Tabel 34.

Gemiddelde N.-S.- en E.-W.-componenten volgens de verbeterde verschilmethode. [1])
N. en E.: +; S. en W.: —. km per uur.
Morgen en Middag.

Hoogte.	J. N.	J. E.	F. N.	F. E.	M. N.	M. E.	A. N.	A. E.	M. N.	M. E.	J. N.	J. E.	J. N.	J. E.	A. N.	A. E.	S. N.	S. E.	O. N.	O. E.	N. N.	N. E.	D. N.	D. E.	L. N.	L. E.	Z. N.	Z. E.	H. N.	H. E.	W. N.	W. E.	J. N.	J. E.
40 m	- 9	- 4	- 6	0	- 1	0	0	- 2	- 1	- 3	0	- 6	- 4	- 7	- 5	- 6	- 4	- 5	- 6	- 4	- 8	- 3	- 7	- 4	- 1	- 2	- 3	- 6	- 6	- 4	- 7	- 3	- 4	- 4
40— 540 ,,	-11	-15	- 8	- 4	- 1	- 2	0	- 4	- 1	- 6	1	-11	- 4	-12	- 6	-14	- 3	-11	- 6	-12	-10	- 9	- 8	- 9	- 1	- 4	- 3	-12	- 6	-11	- 9	- 9	- 5	- 9
540—1040 ,,	- 8	-22	- 8	- 7	0	- 5	- 1	- 5	- 4	- 9	0	-14	- 6	-17	- 7	-18	- 3	-16	- 3	-16	-10	-16	- 5	-13	- 2	- 7	- 4	-16	- 6	-15	- 7	-14	- 4	-13
1040—1540 ,,	- 6	-23	- 6	- 8	0	- 7	- 2	- 7	- 6	-12	0	-18	- 7	-20	- 8	-21	- 3	-18	- 2	-18	- 8	-17	- 2	-13	- 2	- 9	- 5	-19	- 5	-17	- 4	-15	- 4	-15
1540—2040 ,,	- 3	-26	- 4	-10	2	- 8	- 2	-10	- 5	-15	1	-20	- 7	-23	- 8	-25	- 3	-20	0	-20	- 8	-19	2	-14	- 2	-11	- 5	-23	- 4	-20	- 2	-16	- 3	-18
2040—2540 ,,	- 2	-27	0	-12	3	- 9	0	-12	- 4	-18	0	-24	- 6	-23	- 7	-27	- 3	-22	0	-24	- 8	-21	5	-15	- 1	-13	- 4	-25	- 4	-22	0	-18	- 3	-19
2540—3040 ,,	0	-31	2	-13	5	- 9	1	-14	- 5	-20	1	-26	- 5	-25	- 6	-29	- 2	-23	2	-26	- 8	-22	8	-18	0	-14	- 3	-27	- 2	-24	3	-20	- 1	-21
3040—4040 ,,	—	—	—	—	7	-12	4	-17	- 6	-23	1	-30	- 5	-26	- 5	-34	- 1	-25	4	-29	—	—	—	—	1	-18	- 3	-31	- 1	-26	7	-21	0	-24
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 5	-25	0	-35	- 6	-30	- 2	-38	—	—	—	—	—	—	—	—	2	-19	- 3	-34	- 1	-29	12	-23	1	-27
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 5	-26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	-21	- 3	-37	1	-32	—	—	3	-29
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 5	-26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	-22	—	—	—	—	—	—	4	-31
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	- 1	-30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	-33
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	-34

1) Minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting voor de afzonderlijke maanden, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het jaar.

Tabel 35.

Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.

Morgen, *Noord*.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	354	13	7	14	11	14	7	**16**	1	14	355	12	356	11	351	11	354	*10*	8	12	352	12	2	14	6	15	355	12	358	11	2	7	1	13
40— 540 ,,	11	24	27	28	28	24	28	25	15	21	7	18	14	*17*	4	21	12	23	28	23	10	**29**	23	26	23	23	9	18	16	24	21	26	17	22
540—1040 ,,	16	30	29	**38**	27	28	35	28	8	21	359	18	10	*15*	1	18	13	23	29	29	10	35	29	33	23	23	3	17	17	27	25	33	18	24
1040—1540 ,,	9	34	—	—	19	27	36	24	1	17	349	16	356	*10*	334	15	18	24	19	29	6	38	24	38	19	20	347	13	15	29	22	38	13	22
1520—2040 ,,	—	—	—	—	8	25	28	20	345	17	337	14	346	*10*	313	18	18	24	10	23	2	40	19	42	5	19	334	13	10	28	17	41	4	21
2040—2540 ,,	—	—	—	—	—	—	25	17	329	15	326	15	350	10	—	—	15	26	—	—	—	—	—	—	1	17	328	13	7	28	—	—	360	20
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	19	17	316	17	323	19	358	10	—	—	10	27	—	—	—	—	—	—	354	17	323	13	1	27	—	—	354	21
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	306	19	314	20	335	10	—	—	2	25	—	—	—	—	—	—	341	18	315	16	349	24	—	—	345	21
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	297	22	295	22	—	—	—	—	357	25	—	—	—	—	—	—	—	—	304	17	—	—	—	—	337	21
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	332	27

Tabel 36.

Middag, *Noord*.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	346	16	9	16	10	18	359	**19**	1	17	351	16	355	15	359	*14*	359	15	1	15	354	15	354	18	2	19	354	16	358	15	358	16	358	16
40— 540 ,,	359	21	29	17	20	20	10	20	8	20	355	16	6	*15*	8	17	1	21	8	20	7	24	9	**26**	12	20	360	15	5	21	13	20	7	19
540—1040 ,,	9	35	35	24	25	22	20	16	17	13	358	*10*	11	10	6	12	359	20	12	25	12	25	14	**38**	21	17	3	10	8	23	20	30	14	18
1040—1540 ,,	—	—	32	26	20	24	4	14	6	9	325	*8*	318	10	342	9	352	17	12	26	5	29	—	—	12	14	326	8	5	24	16	34	4	16
1540—2040 ,,	—	—	19	29	17	28	360	14	336	*10*	310	*10*	295	14	—	—	357	18	6	28	358	31	—	—	1	15	307	11	1	26	9	37	353	17
2040—2540 ,,	—	—	—	—	15	30	342	18	330	*13*	304	14	289	14	—	—	—	—	357	29	—	—	—	—	352	17	301	14	352	27	—	—	345	19
2540—3040 ,,	—	—	—	—	13	32	—	—	312	14	297	17	290	15	—	—	—	—	352	31	—	—	—	—	345	18	298	17	348	28	—	—	339	20
3040—4040 ,,	—	—	—	—	11	34	—	—	292	19	293	20	273	21	—	—	—	—	352	31	—	—	—	—	329	20	288	21	347	30	—	—	329	23
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	290	19	298	25	271	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	332	20	290	27	—	—	—	—	325	25
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	287	22	297	27	272	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	326	21	288	31	—	—	—	—	321	27
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	293	27	298	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	290	31	—	—	—	—	321	30
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	318	32

Tabel 37.

Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.

Morgen, *Oost*.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	99	15	96	15	87	14	96	15	88	12	94	11	101	11	99	11	96	11	94	13	97	14	90	14	91	14	98	11	96	13	95	15	94	13
40— 540 ,,	113	26	112	28	107	22	117	20	108	19	115	19	119	19	121	20	112	19	104	24	115	27	105	29	111	21	118	19	110	24	111	28	111	23
540—1040 ,,	115	30	110	30	103	23	114	21	106	19	109	18	122	18	130	19	112	16	102	25	119	26	102	36	107	22	121	18	110	22	110	31	110	23
1040—1540 ,,	108	29	103	28	103	21	119	18	111	17	104	14	125	15	149	16	117	12	99	21	116	23	94	33	110	19	127	14	110	18	102	29	110	20
1540—2040 ,,	104	23	104	26	97	18	130	14	115	12	115	8	130	14	165	13	136	8	93	19	121	20	90	29	111	15	141	11	112	15	100	26	112	16
2040—2540 ,,	99	16	98	24	97	17	137	10	133	8	131	5	139	12	182	13	159	6	90	18	132	16	86	29	114	12	158	9	116	12	94	23	113	13
2540—3040 ,,	101	15	89	22	98	17	146	7	146	7	141	2	140	12	209	14	199	6	86	14	131	15	82	29	118	10	175	8	121	9	88	23	115	11
3040—4040 ,,	—	—	92	22	89	13	135	6	164	7	284	4	162	12	225	18	233	8	85	12	—	—	82	23	114	8	211	9	134	6	90	20	119	7
4040—5040 ,,	—	—	79	20	78	11	206	1	162	5	271	8	199	12	236	21	243	12	74	11	—	—	—	—	110	4	234	14	153	4	64	17	130	3
5040—6040 ,,	—	—	72	23	53	8	315	2	198	6	259	13	215	17	—	—	258	14	—	—	—	—	—	—	73	2	236	17	221	2	—	—	178	1
6040—7040 ,,	—	—	—	—	35	6	302	6	218	6	257	18	219	16	—	—	287	15	—	—	—	—	—	—	312	2	239	19	—	—	—	—	272	2
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	341	8	216	3	274	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	4	247	19	—	—	—	—	329	4
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	337	4

Tabel 38.

Middag, *Oost*.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	98	16	94	16	91	18	97	19	84	15	110	17	108	14	98	13	90	12	91	16	99	15	92	15	91	18	106	14	95	14	95	19	94	16
40— 540 ,,	106	25	103	22	96	19	96	20	89	20	110	19	120	15	105	19	101	16	93	20	109	23	104	23	95	20	111	17	101	19	105	24	102	20
540—1040 ,,	120	29	108	26	115	20	104	22	99	23	127	20	144	17	124	22	119	19	101	27	121	31	102	30	108	21	130	19	112	25	109	28	112	23
1040—1540 ,,	111	23	110	23	118	18	110	15	110	19	144	18	153	16	148	16	136	14	98	24	115	29	92	28	114	18	148	17	114	21	104	24	115	19
1540—2040 ,,	102	12	109	21	109	16	119	13	126	13	163	15	166	14	163	14	150	11	96	20	—	—	88	27	113	14	165	14	119	18	99	22	116	16
2040—2540 ,,	—	—	106	17	112	13	135	9	—	—	177	11	—	—	178	12	158	10	89	14	—	—	79	26	117	11	183	12	124	13	92	19	117	12
2540—3040 ,,	—	—	92	12	103	13	135	6	—	—	190	11	—	—	199	11	161	9	86	13	—	—	57	26	106	10	199	12	125	13	74	16	109	10
3040—4040 ,,	—	—	92	10	89	14	—	—	—	—	211	11	—	—	—	—	165	9	71	11	—	—	41	27	102	9	222	11	124	11	60	14	102	7
4040—5040 ,,	—	—	110	13	66	13	—	—	—	—	234	10	—	—	—	—	—	—	43	5	—	—	25	28	80	7	243	13	161	4	46	14	68	3
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	244	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	2
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	355	3
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	7

Tabel 39.

Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.

Morgen, *Zuid.*

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	184	**20**	185	18	187	16	189	16	193	15	197	*14*	198	15	197	15	193	16	191	17	186	19	187	19	190	16	197	15	190	18	186	19	190	17
40— 540 ,,	213	**37**	214	28	220	25	214	25	217	*22*	224	25	223	28	228	28	224	31	222	34	212	34	212	33	217	24	226	27	219	33	214	33	219	30
540—1040 ,,	225	**44**	229	33	227	29	220	28	227	*28*	235	31	232	33	233	32	231	37	232	38	222	41	226	39	226	28	234	32	227	39	227	38	228	34
1040—1540 ,,	229	**43**	229	32	233	28	220	*28*	229	29	241	31	233	32	236	32	233	38	235	39	224	41	229	41	228	29	237	32	231	39	230	39	231	35
1540—2040 ,,	234	**44**	235	31	239	29	220	*29*	232	31	245	33	237	35	239	36	235	39	238	41	226	41	233	36	232	30	240	34	233	41	235	37	235	36
2040—2540 ,,	235	**45**	240	30	242	30	227	*28*	238	33	251	35	240	34	240	36	237	39	237	44	229	41	240	34	237	30	243	35	234	41	238	37	238	36
2540—3040 ,,	241	**47**	249	*28*	244	31	227	31	239	35	253	38	242	34	241	36	240	38	242	43	229	42	242	39	238	32	245	36	237	40	244	38	240	37
3040—4040 ,,	244	40	253	31	242	31	232	*29*	241	39	257	44	245	34	244	41	243	37	247	46	233	**47**	—	—	240	34	249	39	240	42	251	35	244	38
4040—5040 ,,	—	—	264	30	243	55	—	—	244	41	258	44	247	37	251	44	240	37	—	—	—	—	—	—	242	36	252	41	241	42	261	37	248	40
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	245	40	—	—	253	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	245	37	256	45	—	—	—	—	253	41
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	243	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	256	44
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	249	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	262	45

Tabel 40.

Middag, *Zuid.*

40 m	189	21	182	**21**	187	19	183	19	195	18	201	20	196	*18*	194	18	196	18	198	20	188	20	189	20	189	18	196	18	193	19	187	21	191	19
40— 540 ,,	216	**35**	197	30	199	23	191	22	206	22	215	26	203	*21*	199	23	204	23	211	29	204	32	207	34	199	22	205	23	206	29	210	33	204	26
540—1040 ,,	229	**45**	211	39	209	27	191	26	214	29	219	32	209	*24*	211	29	211	28	225	38	221	40	219	39	206	27	212	28	219	36	223	41	215	32
1040—1540 ,,	237	**44**	214	38	212	30	199	28	219	35	229	33	212	*27*	217	34	222	33	231	38	224	39	220	37	211	31	218	32	226	37	228	40	221	34
1540—2040 ,,	235	**46**	216	37	214	31	200	*27*	224	36	236	34	218	31	223	37	229	35	231	38	222	42	226	30	213	31	224	34	227	39	229	39	223	36
2040—2540 ,,	236	**47**	218	34	215	32	201	*28*	226	38	238	41	218	32	230	39	234	39	232	40	221	45	235	27	216	32	228	37	228	42	232	38	226	37
2540—3040 ,,	240	**48**	222	35	220	32	210	*26*	225	42	—	—	224	32	233	43	234	36	234	43	225	46	242	28	220	33	232	39	230	42	237	39	230	38
3040—4040 ,.	—	—	—	—	232	27	—	—	—	—	—	—	227	32	—	—	236	35	—	—	227	52	—	—	229	31	236	42	231	45	—	—	235	38
4040—5040 ,,	—	—	—	—	236	30	—	—	—	—	—	—	224	30	—	—	—	—	—	—	230	54	—	—	233	35	237	44	234	45	—	—	238	40
5050—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	242	38
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	244	39
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	247	39

Tabel 41.
Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.
Morgen, *West*.

Hoogte.	J. R.	S.	F. R.	S.	M. R.	S.	A. R.	S.	M. R.	S.	J. R.	S.	J. R.	S.	A. R.	S.	S. R.	S.	O. R.	S.	N. R.	S.	D. R.	S.	L. R.	S.	Z. R.	S.	H. R.	S.	W. R.	S.	J. R.	S.
40 m	260	**19**	261	18	271	16	268	15	266	13	270	13	259	14	264	*13*	263	13	265	15	265	17	264	18	269	15	264	13	264	15	261	18	265	15
40— 540 ,,	288	**35**	288	31	295	29	283	25	281	*21*	284	23	280	24	281	26	290	27	301	34	291	29	292	31	286	25	281	24	292	29	289	32	287	27
540—1040 ,,	295	**45**	293	36	304	39	287	31	281	*28*	291	29	279	31	289	30	297	33	301	39	297	36	302	39	291	32	285	30	298	36	297	40	294	34
1040—1540 ,,	296	**43**	293	39	305	39	286	32	280	*28*	292	32	273	34	289	33	296	33	301	41	295	36	307	39	290	32	285	32	298	37	300	40	293	35
1540—2040 ,,	300	**46**	292	43	308	38	286	33	280	*30*	290	35	272	36	286	36	295	35	303	44	293	39	308	42	291	33	283	36	298	40	301	44	293	37
2040—2540 ,,	300	47	—	—	311	38	289	33	282	*30*	286	36	275	36	288	38	291	38	303	**49**	294	40	302	45	294	34	283	37	296	43	300	45	293	39
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	293	36	283	*30*	289	34	276	34	290	38	288	39	307	50	299	42	—	—	297	35	285	36	299	44	301	49	295	40
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	294	41	281	33	282	37	—	—	292	42	289	43	306	57	—	—	—	—	295	39	284	39	300	48	—	—	294	43
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	294	45

Tabel 42.
Middag, *West*.

40 m	262	21	262	**22**	271	*16*	279	21	270	16	277	18	272	18	272	18	267	18	262	18	264	18	263	19	274	18	273	18	264	18	262	21	269	18
40— 540 ,,	282	33	266	**35**	276	*21*	282	25	267	22	275	25	271	26	269	25	271	26	271	29	279	29	280	29	275	23	272	26	273	28	276	32	273	27
540—1040 ,,	292	40	268	**41**	277	28	278	27	259	*25*	272	29	265	33	265	31	271	32	279	35	288	37	294	34	271	26	266	31	278	34	285	38	274	32
1040—1540 ,,	290	42	268	**45**	274	30	270	*25*	254	30	273	30	264	33	262	33	268	35	285	33	294	37	302	38	265	29	266	32	280	35	287	40	273	33
1540—2040 ,,	291	43	274	**49**	276	31	275	*27*	254	32	273	34	265	36	260	34	267	39	288	41	294	39	301	44	267	30	266	35	280	40	290	44	274	36
2040—2540 ,,	—	—	—	—	279	32	278	*30*	260	32	268	37	268	34	264	36	266	38	291	46	—	—	301	40	272	32	267	36	282	41	292	44	276	37
2540—3040 ,,	—	—	—	—	288	34	279	*31*	259	32	269	39	271	40	271	40	268	38	292	52	—	—	307	41	274	33	269	40	283	44	294	46	278	39
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	262	35	268	44	269	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	277	37	269	43	—	—	—	—	280	43
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	263	36	270	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	284	38	—	—	—	—	—	—	281	46
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	267	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	283	50

Tabel 43.

Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.

Noord, morgen en middag.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	350	14	8	16	10	17	2	**18**	360	16	352	14	356	14	356	13	357	*13*	3	14	353	14	357	15	4	17	354	14	358	13	360	15	360	15
40— 540 ,,	6	23	29	21	23	22	20	22	11	20	360	16	10	*16*	6	20	8	22	15	21	8	**26**	17	26	17	21	4	17	10	23	18	23	13	20
540—1040 ,,	12	33	34	29	26	25	30	22	12	17	359	13	10	*13*	4	16	8	22	19	26	11	30	21	**35**	23	20	3	13	12	25	22	32	17	20
1040—1540 ,,	9	38	31	32	19	25	25	18	2	12	338	11	336	*10*	339	13	9	21	14	27	6	33	18	**39**	17	17	337	11	10	27	19	35	9	19
1540—2040 ,,	3	42	24	34	14	27	16	16	341	13	322	11	316	*11*	312	18	11	21	7	25	360	36	12	**42**	4	16	320	12	5	27	14	38	359	19
2040—2540 ,,	—	—	18	38	14	28	4	16	328	14	314	14	311	*13*	308	22	7	23	358	26	355	34	4	43	356	17	312	14	360	27	8	41	352	20
2540—3040 ,,	—	—	20	40	15	31	358	18	313	15	307	17	317	*11*	297	27	4	24	349	26	350	31	358	45	348	17	310	16	354	27	5	42	346	21
3040—4040 ,,	—	—	—	—	9	32	343	20	297	19	300	20	292	*14*	299	34	356	24	345	27	—	—	—	—	333	19	298	19	348	27	5	46	337	22
4040—5040 ,,	—	—	—	—	4	31	349	20	293	20	298	24	282	*18*	298	34	351	25	337	28	—	—	—	—	329	19	295	23	340	28	—	—	330	24
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	287	24	299	28	282	19	—	—	345	30	—	—	—	—	—	—	324	21	295	26	—	—	—	—	327	27
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	290	27	297	28	283	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	320	26	295	28	—	—	—	—	325	29
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	294	33	292	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	292	28	—	—	—	—	321	30
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	290	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	313	30

Tabel 44.

Oost, morgen en middag.

40 m	99	15	95	16	89	16	96	**17**	86	13	102	13	104	12	98	12	95	*11*	92	14	98	15	91	14	91	15	112	12	95	13	95	15	94	14
40— 540 ,,	111	**26**	108	26	104	21	110	20	102	20	113	19	120	*18*	117	20	109	18	100	23	114	26	104	26	106	20	117	19	107	22	108	26	108	22
540—1040 ,,	118	29	109	28	107	22	110	22	104	20	116	19	129	17	128	20	114	*17*	102	26	120	28	102	**33**	107	22	124	18	111	24	109	30	111	23
1040—1540 ,,	109	26	104	26	109	20	115	18	110	18	122	15	134	15	147	16	124	*12*	99	23	116	25	93	**31**	111	19	134	15	111	19	102	28	112	20
1540—2040 ,,	103	19	104	24	102	17	126	14	116	13	142	10	142	14	163	13	143	*9*	94	20	121	22	88	**29**	112	15	150	12	114	16	99	25	114	16
2040—2540 ,,	96	15	99	21	103	15	133	9	130	9	159	7	155	12	180	12	159	*8*	90	17	131	18	82	**28**	115	12	167	10	118	13	93	22	115	13
2540—3040 ,,	98	14	89	18	101	15	139	7	139	7	178	*6*	157	12	206	13	184	6	87	14	132	18	79	**27**	120	11	176	9	121	11	83	20	113	10
3040—4040 ,,	97	10	91	18	89	13	134	6	167	6	236	*6*	180	12	225	15	213	7	81	12	135	17	59	**24**	117	9	215	9	127	8	79	17	114	7
4040—5040 ,,	23	11	87	17	73	13	195	4	158	4	252	9	213	16	239	18	238	12	68	8	122	10	35	**23**	113	6	234	13	156	4	60	16	114	3
5040—6040 ,,	—	—	87	20	55	10	320	*7*	197	4	250	12	224	19	240	18	248	14	34	5	—	—	—	—	93	4	238	16	225	3	57	16	121	1
6040—7040 ,,	—	—	—	—	39	9	328	*4*	213	4	250	17	234	19	—	—	267	13	2	7	—	—	—	—	49	2	241	20	284	3	—	—	304	1
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	2	9	209	3	264	15	239	20	—	—	278	13	—	—	—	—	—	—	38	6	248	19	312	5	—	—	343	3
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	24	16	—	—	268	10	—	—	—	—	274	17	—	—	—	—	—	—	37	11	247	18	—	—	—	—	360	4
9040-10040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	290	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	349	6
10040-11040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	332	9

Tabel 45.

Gemiddelde luchtverplaatsing in graden en km per uur.

Zuid, morgen en middag.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	187	**20**	184	20	187	18	186	18	194	16	199	16	197	*16*	196	16	195	17	194	18	187	19	188	20	189	17	197	16	191	18	187	20	191	18
40— 540 ,,	214	**37**	209	29	212	25	205	23	213	*22*	221	25	215	25	218	25	218	27	218	32	209	33	211	33	211	23	218	25	214	31	212	33	214	28
540—1040 ,,	227	**44**	222	35	220	28	208	*26*	222	28	230	32	225	28	224	30	226	33	228	38	221	40	223	39	218	27	226	30	225	37	225	40	223	33
1040—1540 ,,	232	**44**	223	35	224	28	210	*28*	225	31	237	32	226	30	228	33	229	36	233	39	225	40	226	39	221	29	229	31	229	39	228	39	227	34
1540—2040 ,,	234	**45**	229	33	228	29	210	*28*	229	32	242	34	231	33	233	36	233	38	235	40	225	42	230	34	225	30	234	34	231	40	232	38	230	36
2040—2540 ,,	236	**47**	232	31	231	30	215	*27*	233	34	247	36	232	32	235	37	235	38	236	43	225	43	239	31	229	30	237	35	233	41	236	37	233	36
2540—3040 ,,	241	**48**	238	30	233	31	220	*28*	235	37	249	40	236	32	237	39	237	38	238	43	227	44	242	34	231	32	240	36	235	41	241	38	236	37
3040—4040 ,,	244	41	244	30	238	29	229	*29*	234	39	254	46	238	32	240	42	240	36	242	46	230	**49**	—	—	235	32	244	39	238	43	249	34	240	38
4040—5040 ,,	254	45	255	31	241	33	234	*28*	238	42	253	47	240	34	247	47	239	36	247	45	233	**51**	—	—	238	35	246	41	240	43	259	35	244	40
5040—6040 ,,	—	—	264	30	246	33	—	—	239	39	—	—	244	36	—	—	244	36	250	48	—	—	—	—	242	34	250	43	245	45	269	34	249	40
6040—7040 ,,	—	—	259	32	251	31	—	—	236	38	—	—	250	41	—	—	—	—	254	50	—	—	—	—	241	32	254	48	248	48	273	38	251	42
7040—8040 ,,	—	—	—	—	263	31	—	—	241	41	—	—	252	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	249	33	259	50	—	—	—	—	256	42
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	260	42

Tabel 46.

West, morgen en middag.

40 m	262	20	262	**21**	271	16	274	18	268	*15*	274	15	265	16	270	16	266	16	263	17	264	18	263	19	272	16	270	16	264	17	262	20	267	17
40— 540 ,,	286	**34**	275	33	286	24	284	26	272	*21*	280	24	275	25	275	26	280	26	285	31	284	29	287	30	281	23	276	25	283	29	284	32	281	27
540—1040 ,,	293	**43**	280	38	291	32	285	30	268	*26*	281	29	271	31	276	30	283	32	292	38	293	37	298	37	281	29	276	30	288	33	292	39	284	32
1040—1540 ,,	294	**43**	279	41	290	33	282	30	263	*28*	283	31	267	34	274	32	282	33	294	38	294	37	304	39	278	30	275	32	288	34	294	40	283	33
1540—2040 ,,	296	45	282	**45**	292	33	283	32	264	*30*	281	35	268	36	273	35	280	36	296	43	293	41	304	43	279	31	275	35	289	37	295	44	283	36
2040—2540 ,,	299	46	285	**47**	295	34	286	32	268	*30*	277	37	271	35	277	37	278	38	298	48	293	42	301	43	283	32	275	36	289	40	296	45	285	37
2540—3040 ,	299	**52**	285	49	301	36	289	35	268	*30*	278	37	272	39	279	38	277	39	300	51	296	43	306	46	285	33	277	38	291	42	298	48	286	39
3040—4040 ,,	—	—	—	—	295	41	292	40	270	*33*	275	41	271	38	282	42	278	43	303	56	300	46	305	52	286	37	276	40	293	45	297	52	287	43
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	271	35	271	48	271	41	285	45	—	—	—	—	—	—	—	—	291	39	276	45	291	47	—	—	288	45
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	271	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	293	41	—	—	—	—	—	—	288	48
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	272	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	290	50
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	281	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	293	57

Tabel 47.

Gemiddelde luchtverplaatsingen in graden en km per uur volgens de verbeterde verschilmethode. [1])

Morgen.

Hoogte	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	198	10	173	6	158	2	204	7	208	3	248	5	225	7	214	8	209	6	200	8	192	9	199	8	190	2	225	6	200	8	193	8	203	6
40— 540 ,,	230	18	198	10	225	3	247	4	238	6	264	10	257	13	245	16	236	14	240	14	219	14	225	12	239	4	251	13	236	13	224	13	238	11
540—1040 ,,	246	22	226	8	284	4	265	5	254	10	275	14	254	18	252	19	260	17	256	16	236	18	246	14	263	6	259	17	250	16	244	15	254	13
1040—1540 ,,	251	22	240	7	292	6	259	7	251	12	278	17	252	21	254	22	261	17	262	18	242	19	258	14	262	8	260	19	255	18	253	14	257	15
1540—2040 ,,	260	24	257	8	298	8	260	10	256	16	277	20	254	23	256	26	262	20	266	21	247	20	273	14	267	11	261	23	258	20	265	16	262	17
2040—2540 ,,	—	—	—	—	—	—	270	11	259	18	276	23	256	23	—	—	264	21	—	—	—	—	—	—	273	12	263	24	259	22	272	17	265	19
2540—3040 ,,	—	—	—	—	—	—	274	13	260	19	278	24	259	24	—	—	266	23	—	—	—	—	—	—	273	14	265	25	263	23	280	20	268	20
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	258	22	276	29	—	—	—	—	268	25	—	—	—	—	—	—	274	17	267	28	266	27	284	21	271	23
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	276	19	266	32	268	28	—	—	272	26
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	276	28

Tabel 48.

Middag.

Hoogte	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	211	11	192	6	239	7	282	4	275	5	287	8	255	9	244	9	248	7	230	7	206	9	213	8	276	3	260	8	227	8	208	8	237	6
40— 540 ,,	237	18	208	10	254	3	282	5	271	7	279	12	256	13	244	14	256	11	245	13	223	14	230	13	272	5	257	11	241	12	229	14	245	10
540—1040 ,,	250	23	219	13	250	6	247	6	241	10	263	14	247	18	242	20	253	15	255	16	239	19	249	13	245	8	249	17	248	17	243	16	244	14
1040—1540 ,,	260	24	229	14	254	8	246	9	239	15	263	17	248	21	241	24	255	20	264	17	248	18	—	—	242	11	250	21	255	18	254	17	250	16
1540—2040 ,,	262	27	243	14	266	9	252	10	245	18	265	21	—	—	—	—	256	22	270	19	—	—	—	—	252	13	252	24	258	21	262	18	254	19
2040—2540 ,,	—	—	—	—	272	11	263	13	—	—	263	24	—	—	—	—	—	—	273	23	—	—	—	—	259	14	255	26	259	24	270	19	258	21
2540—3040 ,,	—	—	—	—	287	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	275	27	—	—	—	—	264	16	258	30	262	24	277	21	263	23
3040—4040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	271	19	260	33	265	27	289	24	273	26
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	277	20	262	37	266	31	—	—	271	28
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	275	30

1) Minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting voor de afzonderlijke maanden, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het jaar.

Tabel 49.

Gemiddelde luchtverplaatsing volgens de verbeterde verschilmethode. [1])
Graden en km per uur.
Morgen en Middag.

Hoogte.	J. R.	J. S.	F. R.	F. S.	M. R.	M. S.	A. R.	A. S.	M. R.	M. S.	J. R.	J. S.	J. R.	J. S.	A. R.	A. S.	S. R.	S. S.	O. R.	O. S.	N. R.	N. S.	D. R.	D. S.	L. R.	L. S.	Z. R.	Z. S.	H. R.	H. S.	W. R.	W. S.	J. R.	J. S.
40 m	206	10	182	6	180	*1*	264	2	249	3	273	6	241	8	229	8	230	6	214	7	199	9	206	8	244	2	244	7	214	7	200	8	221	6
40— 540 ,,	234	19	206	9	239	*3*	271	4	255	6	273	11	252	13	246	15	254	12	244	13	222	14	229	13	256	4	255	13	240	13	226	13	243	10
540—1040 ,,	248	24	223	11	264	*5*	260	5	248	10	270	14	251	18	248	19	259	16	258	16	238	18	249	14	255	7	255	17	249	16	243	15	250	14
1040—1540 ,,	255	24	236	11	271	*7*	256	8	244	13	271	18	251	21	248	23	260	18	265	18	245	19	263	14	254	9	255	20	254	18	254	16	254	16
1540—2040 ,,	262	26	250	11	284	*8*	259	10	250	16	272	20	252	24	251	27	261	21	269	20	247	21	279	14	259	12	257	23	258	20	264	17	259	18
2040—2540 ,,	265	27	267	12	288	*10*	268	12	256	18	271	24	253	24	255	29	262	23	270	24	248	23	288	16	266	13	259	25	260	22	272	18	262	20
2540—3040 ,,	270	31	278	13	296	*11*	274	14	255	21	272	26	258	26	258	31	264	23	275	26	250	24	293	19	268	15	262	27	263	24	280	20	265	21
3040—4040 ,,	—	—	—	—	299	14	282	18	255	24	271	31	257	27	261	34	266	26	278	29	—	—	—	—	272	18	263	31	266	26	287	22	269	24
4040—5040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	257	26	271	35	259	31	267	38	—	—	—	—	—	—	—	—	276	19	265	34	267	29	296	26	272	27
5040—6040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	258	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	280	22	266	38	271	32	—	—	275	30
6040—7040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	259	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	282	23	—	—	—	—	—	—	278	31
7040—8040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	268	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	283	35
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	287	36

1) Minstens 8 waarnemingen van iedere windrichting voor de afzonderlijke maanden, minstens 10 voor de jaargetijden, en minstens 20 voor het jaar.

Tabel 50.

Bestendigheid in procenten (gemiddelde van morgen en middag)

Hoogte	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	L.	Z.	H.	W.	J.
40 m	49	30	7	12	20	36	46	49	39	40	45	40	16	42	41	39	32
40— 540 ,,	49	28	10	16	24	43	50	52	41	40	40	35	16	49	39	36	35
540—1040 ,,	50	26	15	17	33	47	58	58	47	40	42	30	22	54	43	35	39
1040—1540 ,,	49	25	19	23	42	57	63	66	52	44	43	29	28	60	46	34	43
1540—2040 ,,	53	26	23	30	48	60	65	69	55	47	46	29	33	65	49	36	46
2040—2540 ,,	53	26	25	36	54	65	63	72	56	52	49	33	38	67	51	38	49
2540—3040 ,,	55	29	26	40	60	66	63	73	57	55	48	38	40	68	54	40	50
3040—4040 ,,	—	—	30	47	61	69	64	72	56	57	—	—	44	70	54	41	52
4040—5040 ,,	—	—	—	—	60	69	66	75	—	—	—	—	44	69	55	42	53
5040—6040 ,,	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	45	69	55	—	53
6040—7040 ,,	—	—	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—	43	—	—	—	52
7040—8040 ,,	—	—	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53
8040—9040 ,,	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	51

DER MITTLERE HÖHENWIND VON DE BILT NACH PILOTBALLONBEOBACHTUNGEN (1922—1931)

von

W. BLEEKER.

(AUSZUG)

Einleitung.

In den Jahren 1908 bis 1936 wurde in De Bilt ein grosses Beobachtungsmaterial von Höhenwindmessungen gesammelt, das leider noch nicht einheitlich bearbeitet worden ist. Van Everdingen und Cannegieter (7, 1, 2) [1]) haben in den Jahren 1909 und 1918 kleine Zusammenfassungen gegeben; das damalige Material war aber ziemlich inhomogen, so dass eine neuerliche Bearbeitung von besseren Beobachtungen notwendig schien. Dazu wurden 10 Jahre (1922-1931) mit zweimal täglichen Pilotballonaufstiegen (Morgen etwa 8, Mittag etwa 13 Uhr) gewählt, die nachfolgende Zahl von Beobachtungen umfassen:

Bis	500	Meter:	4033	Beobachtungen
„	1000	„ :	3625	„
„	1500	„ :	2996	„
„	2000	„ :	2428	„
„	2500	„ :	1839	„
„	3000	„ :	1636	„
„	4000	„ :	1117	„
„	5000	„ :	769	„
„	6000	„ :	510	„
„	7000	„ :	368	„
„	8000	„ :	258	„
„	9000	„ :	178	„
„	10000	„ :	106	„

[1]) Die Ziffern in Klammer verweisen auf das Schrifttum auf Seite 81 und 82.

Die Tabellen 1 und 2 (Seite 83) geben an, wie diese Beobachtungen auf Morgen und Mittag, über die verschiedenen Monate und Jahreszeiten verteilt sind.

Zur besseren Beurteilung des Strömungscharakters bei verschiedenen Windrichtungen sind die Beobachtungen nach den Bodenwindrichtungen in vier Quadranten eingeordnet worden (Nord = 315°—45°, Ost = 45°—135°, Süd = 135°—225°, West = 225°—315°); Tabellen 3 und 4 (Seite 84) geben die Verteilung der Beobachtungen nach den vier Jahreszeiten.[1])

Bearbeitungsweise.

An erster Stelle soll versucht werden, eine Uebersicht zu bekommen von Geschwindigkeit und mittlerer Luftversetzung in der freien Atmosphäre im Mittel von *allen* Tagen. Als Bearbeitungsmethode kommt hierbei die Differenzenmethode in Betracht (13, 15, 16, 17, 18). Verschiedene Autoren (19, 20, 21) haben Bedenken gegen die Anwendung dieser Methode bei Höhenwinden. A. Wagner hat darauf hingewiesen, dass sie bei einer geringen Beobachtungszahl zu keinem befriedigenden Resultate führt; F. Wagner will sie sogar ganz verwerfen, weil sie Beständigkeitswerte oberhalb 100 % geben kann.

F. Wagners Kritik ist schon von Möller (20) an Hand eines Beispiels widerlegt worden. Aber auch in andere Weise kann man einsehen, dass obengenannte Bedenken gegen die Differenzenmethode nicht zutreffen.

Es kommt nämlich nicht so sehr darauf an, ob die Differenzenmethode dann und wann falsche oder nicht miteinander zu kombinierende Ergebnisse liefert, als vielmehr darauf, welche der beiden Methoden, die der einfachen Mittelbildung oder die Differenzenmethode, mit höherer Wahrscheinlichkeit verlässliche Resultate verbürgt. Das hängt ab von den Frequenzkurven der Elemente in den verschiedenen Niveaus, von den Frequenzkurven der Unterschiede usw., was an zwei trivialen Beispielen leicht einzusehen ist.

Seien die Frequenzkurven im Niveau I und im Niveau II willkürlich, aber so, dass (I—II) = konstant ist, dann ist die Differenzenmethode besser.

---

[1]) Die Pilotballonbeobachtungen sind in den „Ergebnisse aerologischer Beobachtungen" (3) veröffentlicht als Mittelwerte von 500 oder 1000 m mächtigen Schichten, ausgehend von 40 m Höhe.

Seien die Frequenzkurve im Niveau I willkürlich, die Werte im Niveau II aber konstant, so ist die Methode der einfachen Mittelbildung natürlich zu bevorzügen.

Hieraus muss man schliessen, dass sich nicht schlechthin angeben lässt, welche Methode der Mittelbildung zu empfehlen ist. Das hat auch A. Wagner (23) betont. Seine Ausführungen basieren auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung, sie sind für die Meteorologie Bedenken unterworfen. Meteorologische Frequenzkurven befolgen im allgemeinen nicht das Gaussche Verteilungsgesetz, es können sogar systematisch Extremen in einem Niveau wegfallen, in einem anderen nicht, wie das zum Beispiel bei winterlichen Höhenwindbeobachtungen (Nebel, Sturm) der Fall sein kann.

Obwohl sich also mathematisch nicht beweisen lässt, dass die Differenzenmethode bei der Bearbeitung unseres Materials angewendet werden soll, so lässt sich dennoch zeigen, dass ihre Anwendung zweckmässig ist. Nach Wegener (13) ist die Differenzenmethode dann zu bevorzügen, wenn die vertikalen Differenzen eine geringere Streuung zeigen als die Werte selbst. Das wurde für einen Spezialfall (die Morgenbeobachtungen im Mai für die Schicht zwischen 40 und 1000 m) untersucht, wobei für die fehlenden Beobachtungen in 1000 m der geostrophische Wind benutzt wurde.

Die mittlere Abweichung vom Mittelwert beträgt für die Geschwindigkeit:

	1000 m	(1000—40) m	Beobacht.Zahl
Alle Beobachtungen . . .	14,3	10,8 km p. St.	310
Nord-Quadrant	11,2	9,2 „ „ „	64
Ost-Quadrant	11,3	7,8 „ „ „	63
Süd-Quadrant	16,0	11,7 „ „ „	117
West-Quadrant	14,6	9,8 „ „ „	66

Diese Zahlen zeigen den Vorteil der Differenzenmethode, was auch in folgender Weise zum Ausdruck kommt.

Berechnet man den Mittelwert aller Beobachtungen in 1000 m (A), den Wert in 1000 m nach der Differenzenmethode (B) und den totalen Mittelwert aus den Beobachtungen und den berechneten geostrophischen Windwerten an Tagen ohne Höhenwindmessung (C), so ergibt sich für die Geschwindigkeit folgendes:

	A	B	C	
Alle Beobachtungen	28,6	30,9	32,7	km p. St.
Nord-Quadrant	26,6	29,2	27,1	„ „ „
Ost-Quadrant	25,2	25,9	26,1	„ „ „
Süd-Quadrant	32,0	34,4	37,9	„ „ „
West-Quadrant	29,0	33,1	35,6	„ „ „

Die Werte C müssen als die besten angesehen werden; im allgemeinen ist der Absolutwert der Differenz zwischen C und B kleiner als jener zwischen C und A, woraus man auf den Vorzug der Differenzenmethode, zumindest für die unteren Niveaus, schliessen kann.

Wenn auch vielleicht überflüssig, so sei erwähnt, dass man die Differenzenmethode in aller Strenge anwenden soll, das heisst ausgehend vom Bodenmittel aller Tage und nicht vom Bodenmittel der Tage mit aerologischen Beobachtungen, wie das manchmal geschieht.

Die Einordnung in Quadranten hat noch den Vorteil der Zusammenfassung von homogeneren Beobachtungsgruppen; sie gestattet aber auch eine genauere Berechnung der allgemeinen Mittelwerte. In unserem Klima ist es im allgemeinen so, dass Windbeobachtungen in grösseren Höhen im grossen und ganzen nur bei bestimmten Wetterlagen durchführbar sind. Zum Beispiel zeigt untenstehende Tabelle, welcher Prozentsatz der im Sommer in den Nord-, Ost-, Süd- bezw. West-Quadranten beginnenden Morgenbeobachtungen bis zu den einzelnen Höhen reicht.

	40		40	540	1040	1540	2040	2540	3040	4040	5040	6040	7040	m
N.	128	Beob. . . .	100	72	63	53	45	35	32	23	19	12	9	%
E.	135	„ . . .	100	91	87	84	74	66	61	47	40	31	20	%
S.	349	„ . . .	100	62	58	52	45	33	30	20	13	7	5	%
W.	307	„ . . .	100	59	53	41	32	19	16	10	6	2	1	%

Selbst bei Benutzung der Differenzenmethode wird der allgemeine Mittelwert zu stark von den Ostwinden beeinflusst sein. Deshalb soll er in anderer Weise bestimmt werden, nämlich so, dass jeder für einen Quadrant gefundene Mittelwert mit einem Gewicht entsprechend der Anzahl der jeweiligen Bodenbeobachtungen versehen wird. Man verfährt also bei dieser „verbesserten Differenzenmethode" so, dass jedes Quadrantmittel mit der zugehörigen Anzahl Bodenbeobachtungen multipliziert wird. Die solcherart für jedes Niveau gefundenen Werte der vier Quadranten werden dann summiert und schliesslich dividiert durch die Gesamtzahl der Bodenbeobachtungen. Diese „verbesserte Differenzenmethode" gibt für

die Morgenbeobachtungen vom Mai (sehe oben) einen Wert von 31.4 km p.St., was dem besten Wert näher kommt als die einfache Differenzenmethode. Schliesslich haben wir noch versucht, ob nicht durch eine Einordnung der Beobachtungen in Sektoren von Tiefs und Hochs und eine darauf angewendete „verbesserte Differenzenmethode" noch bessere Resultate erzielt werden könnten. Das war bei den Morgenbeobachtungen vom Mai nicht der Fall, auch hier fand man 31,4 km p. St. Auch bei einer Untersuchung der Morgen- und Mittagbeobachtungen im Sommer zeigten die „verbesserte Differenzenmethode" mit den Quadranten und jene mit den Druckgebilde-Sektoren keine grossen Unterschiede. Deshalb wurde zur Berechnung der allgemeinen Mittelwerte die „verbesserte Differenzenmethode" mit den Quadranten benutzt.

Die mittlere Windgeschwindigkeit.

Die monatlichen, jahreszeitlichen und jährlichen mittleren Geschwindigkeiten (km p.St.) für Morgen und Mittag und für die verschiedenen Quadranten findet man in den Tabellen 5—12 (Seite 85—88). In den Tabellen 13—16 (Seite 89 und 90) sind Morgen- und Mittagbeobachtungen zusammengefasst. Die Mittelwerte sind in den Tabellen nur dann aufgenommen worden, wenn von den Monaten mindestens 10, von den Jahreszeiten mindestens 20 und vom Jahre mindestens 30 Beobachtungen zur Verfügung standen. Die Resultate für Frühling, Sommer, Herbst, Winter und Jahr geben die Figuren 5, 6, 7, 8, und 9 (Seite 36 und 37). Die allgemeinen Mittel für Morgen, Mittag, Morgen + Mittag findet man in den Tabellen 17, 18 und 19 (Seite 91 und 92). Tabelle 19 ist in Figur 10 (Seite 40) in Isoplethenform dargestellt.

Die Geschwindigkeitszunahme mit der Höhe in den unteren Niveaus gibt eine Vorstellung von der Turbulenz in den verschiedenen Monaten, Quadranten usw.

In den einzelnen Quadranten ist der jährliche Gang sehr verschieden. Im allgemeinen fallen da die Extreme in den höheren Niveaus ein oder mehrere Monate früher als in den bodennahen Niveaus. Das hat seine Ursache in der Stärke der Turbulenz, welche ihrerseits mit der Verschiedenheit der vertikalen Temperaturgradienten zusammenhängt.

Der allgemeine Mittelwert zeigt sein Maximum in allen Niveaus im Januar, das Minimum liegt am Boden im September und verschiebt sich in den höheren Niveaus gegen den April. Der jährliche Gang zeigt also einen asymmetrischen Charakter. Auch in Lindenberg und Friedrichshafen

(20) fallen die Minima vor Mittsommer. Die Ursache dieser Asymmetrie liegt vielleicht in den grossen vertikalen Temperaturgradienten im Frühjahr, welche eine kräftige vertikale Mischung und ein Abbremsen der Geschwindigkeit bis in grosse Höhen bewirken. Andererseits kann man auch erwarten, dass die allgemeine Zirkulation eine grosse Rolle spielt. Es scheint, dass in den höheren Schichten die Temperaturdifferenzen zwischen Rossbreiten und Polargebiet, welche die allgemeine Zirkulation beherrschen, am kleinsten im Frühjahr sind. Leider liegen noch nicht genügend Beobachtungen aus der freien Atmosphäre in unserer geographischer Länge vor, um das beurteilen zu können. Ein Vergleich zwischen den spärlichen Ergebnisse von Reykjavik und Pico de Teyde (Teneriffa) ergibt folgende Temperatur-Unterschiede in 3700 m (33, 35):

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
16.2	17.3	14.2	*11.7*	13.3	13.3	12.5	16.7	18.5	18.7	21.4	19.2	°C.

Vielleicht stehen die Minima der Windgeschwindigkeit und der zonalen Temperaturgradienten miteinander in Zusammenhang.

Unterstehende Tabellen geben eine Uebersicht der Windgeschwindigkeitszunahme pro 100 Meter Höhenunterschied: [1])

Frühling.					Sommer.				
N.	E.	S.	W.	Höhe	N.	E.	S.	W.	
0.04	-0.04	*0.34*	*0.36*	790—1290 m	*0.12*	*-0.04*	*0.36*	*0.56*	km p. St.
0.14	-0.14	0.48	0.46	1290—1790 m	0.42	0.02	0.62	0.72	„ „ „
0.12	*-0.18*	*0.20*	*0.04*	1790—2290 m	0.54	0.08	0.34	0.28	„ „ „
0.30	0.38	0.36	0.50	2290—2790 m	0.70	0.22	0.42	0.56	„ „ „
0.43	0.40	0.31	0.71	2790—3540 m	0.52	0.48	0.64	0.59	„ „ „

Herbst.					Winter.				
N.	E.	S.	W.	Höhe	N.	E.	S.	W.	
0.34	*-0.20*	*0.14*	*0.30*	790—1290 m	0.54	*0.06*	*0.04*	*0.41*	km p. St.
0.26	0.10	0.48	0.80	1290—1790 m	0.60	0.24	0.14	0.88	„ „ „
0.02	*-0.02*	0.42	0.80	1790—2290 m	0.38	*-0.12*	0.46	*0.20*	„ „ „
0.06	0.22	*0.20*	*0.68*	2290—2790 m	*0.24*	0.22	0.40	0.84	„ „ „
0.63	0.53	0.41	0.73	2790—3540 m	0.84	0.45	*0.37*	1.00	„ „ „

[1]) Statt der unteren und oberen Grenzen werden im folgenden die mittleren Höhen der Schichten geschrieben. 790 m bedeutet also die Schicht zwischen 540 und 1040 m.

Jahr.

	N.	E.	S.	W.	
790—1290 m	*0.20*	*-0.06*	*0.22*	*0.42*	km p. St.
1290—1790 m	0.32	0.04	0.46	0.70	„ „ „
1790—2290 m	*0.28*	*-0.08*	*0.34*	*0.32*	„ „ „
2290—2790 m	0.38	0.28	*0.34*	0.62	„ „ „
2790—3540 m	0.55	0.47	0.45	0.71	„ „ „

W. und A. Peppler (36, 37) haben schon darauf hingewiesen, dass im Frühling und im Winter die Geschwindigkeitsänderung mit der Höhe zwei Minima hat. Auch in unseren Zahlen findet man in den einzelnen Jahreszeiten und Quadranten diese zwei Minima wieder. Ihre Realität ist näher untersucht worden an einer 24-jährigen Reihe von Frühlingsbeobachtungen, welche alle bis 3000 m reichten.

Es ergibt sich danach folgendes:

Morgen, Zunahme pro 100 m Höhenunterschied.

	290—790	790—1290	1290—1790	1790—2290	2290—2790 m	Beob.Zahl
Nord . . .	0.88	—0.10	—0.04	—0.36	0.52 km p.St.	99
Ost	0.56	0.02	—0.26	—0.20	0.30	235
Süd	0.78	0.19	0.40	0.08	0.44	180
West . . .	1.06	0.46	0.52	0.16	0.40	78

Mittag, Zunahme pro 100 m Höhenunterschied.

Nord . . .	0.12	0.12	0.16	0.00	0.12 km p. St.	120
Ost	0.92	—0.12	—0.12	—0.12	0.24	97
Süd	1.06	0.38	0.20	0.22	0.10	70
West	0.74	0.82	0.52	0.18	0.42	74

Süd- und West-Quadrant zeigen besonders am Morgen deutlich beide Minima, bei Nord und Ost bilden sie zusammen ein einziges breites, flaches Minimum. Die zwei Minima wurden von den Gebrüdern Peppler mit dem Auftreten gewisser Kondensationsniveaus in Zusammenhang gebracht. Für das untere Minimum hat man inzwischen eine hydrodynamische Erklärung gefunden (Ekman, Hesselberg und Sverdrup, siehe 4, 5 und 6). Das obere Minimum könnte aber tatsächlich seine Ursache in Inversionsschichten in dieser Höhe finden. Schwerlich lässt es sich durch die Ekman-Spirale erklären. Es ist aber möglich, dass es hydro-dynamisch zu der weniger turbulenten nächtlichen Strömung ge-

hört; die am Morgen einsetzende Konvektion bringt bei Aenderung der virtuellen Reibungskoeffizienten ein tiefergelegenes Minimum (das untere); das obere mag tagsüber „rudimentär" bestehen bleiben.

Die mittlere Luftversetzung.

N.—S.— und E.—W.—Komponenten (N.+, S.—, E+, W.—) der monatlichen, jahreszeitlichen und jährlichen mittleren Luftversetzung (km p. St.) findet man für die verschiedenen Quadranten in den Tabellen 20—31 (Seite 93—98); Tabellen 32, 33 und 34 (Seite 99 und 100) geben die nach der „verbesserten Differenzenmethode" berechnete allgemeine Luftversetzungen für Morgen, Mittag und Morgen + Mittag.

Die Figuren 11 und 12 (Seite 54 und 55) zeigen Isoplethen der N.-S.— und E.—W.—Komponenten (nach Tabelle 34).

Die Richtung in Graden und die Resultierende in km p. St. für die verschiedenen Quadranten sind in den Tabellen 35—46 (Seite 101—106) vereint, aus den Tabellen 47, 48 und 49 ergibt sich wiederum die allgemeine Luftversetzung (Seite 107 und 108). Figur 13 (Seite 56) stellt die Ergebnisse der Tabelle 49 noch einmal graphisch dar.

Unterhalb 1000 m ist die Bewegung aus Süd im Herbst und Winter am kräftigsten, im Frühling und Sommer am schwächsten. Das steht in Uebereinstimmung mit den von Reger (38) gefundenen nördlichen Sommer- und südlichen Winterwinden. Reger interpretiert diese Unterschiede als Monsuneffekt.

Die ziemlich grossen Nord-Komponenten *oberhalb 2000* m im Winter beweisen, dass die Kälte der höheren Luftschichten in dieser Jahreszeit nicht nur kontinentalen, sondern auch polaren Ursprungs ist. Die Kälte-Rückfälle im März und April kommen oberhalb 1500 und 2000 m deutlich zum Ausdruck. Die niedrige Stratosphären-Grenze im Winter und Frühling wird der Nord-Bewegung der höheren Luftschichten zuzuschreiben sein. Die geringe N.—S.—Versetzung im Juni hängt wahrscheinlich mit den Kälte-Rückfällen in der zweiten Dekade dieses Monats zusammen. Roediger (39) sieht hierin den Anfang des Sommermonsuns, während er die Schönwetterperiode im September als Anfang des Wintermonsuns betrachtet. Unseres Erachtens macht sich aber erst im Juli mit seinen beständigen westsüdwestlichen Luftströmungen der Sommermonsun deutlich bemerkbar, obwohl er nach dem grossen Betrag der sommerlichen West-Bewegung zu schliessen möglicherweise auch schon im Juni hervortritt.

Die Winddrehungen in den unteren Schichten vermitteln wieder eine Vorstellung von der Turbulenz in den einzelnen Monaten, Jahreszeiten usw.

Aus der Aenderung der N.—S.— und E.—W.—Komponenten mit der Höhe oberhalb der Reibungszone lassen sich die horizontalen Temperatur-Gradienten in E.—W.— und N.—S.-Richting berechnen.

Für die Ost—West-Temperaturgradienten findet man:

E.—W.—Temperaturgradient
(West wärmer als Ost)

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
1500 m	0.1	0.0	0.1	0.4	°C pro 100 km.
2000 m	0.2	0.1	0.1	0.4	,,
2500 m	0.1	0.1	0.2	0.4	,,
3000 m	0.1	0.0	0.1	0.5	,,
3500 m	0.1	0.0	0.1	0.4	,,
4000 m	0.1	0.0	0.0	0.4	,,
4500 m	0.1	0.0	0.1	—	,,
5000 m	0.2	0.0	0.1	—	,,

Aus einem Vergleich der Mitteltemperaturen von Soesterberg und Lindenberg findet man:

E.—W.—Temperaturgradient
(West wärmer als Ost)

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
2000 m	0.1	0.1	0.2	0.3	°C pro 100 km.
3000 m	0.1	0.1	0.2	0.3	,,
4000 m	0.1	0.1	0.3	0.3	,,

Die Uebereinstimmung ist befriedigend.

Die Nord—Süd-Temperaturgradienten ergeben folgende Werte:

N.—S.—Temperaturgradient
(Süd wärmer als Nord)

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
1500 m	0.4	0.5	0.4	0.3	°C pro 100 km.
2000 m	0.3	0.3	0.3	0.3	,,
2500 m	0.3	0.4	0.3	0.3	,,
3000 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
3500 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
4000 m	0.2	0.3	0.2	0.1	,,
4500 m	0.1	0.2	0.2	—	,,
5000 m	0.1	0.2	0.1	—	,,

Der jährliche Verlauf dieser Zahlen steht nicht in Uebereinstimmung mit dem auf Seite 116 abgeleiteten. Doch muss man bedenken, dass die aus der Geschwindigkeitsverteilung berechneten Gradienten sich ausser auf die allgemeinen zonalen auch auf Temperaturunterschiede zwischen Wasser und Land beziehen.

Differenzen zwischen Morgen- und Mittagwerten der mittleren Luftversetzung.

Es besteht ein systematischer Unterschied zwischen Morgen- und Mittag-Werten der mittleren Luftversetzung, wie aus den folgenden Tabellen hervorgeht.

Differenz (Morgen — Mittag)
(„verbesserte Differenzenmethode")
km p. St.

	J.		F.		M.		A.		M.		J.	
Höhe.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.
40 m	-0.5	2.4	-0.8	1.8	-1.7	1.9	-2.2	3.4	-3.4	3.4	-4.0	3.2
40— 540 „	-2.0	0.9	-0.3	1.9	-1.3	0.6	-2.6	1.2	-3.0	1.9	-2.9	1.9
540—1040 „	-1.6	1.7	4.5	2.5	3.1	2.0	1.7	0.1	2.1	-0.4	3.0	-0.3
1040—1540 „	—	—	—	—	4.5	2.3	2.3	1.4	4.0	1.8	4.4	0.3
1540—2040 „	—	—	—	—	4.4	1.5	1.2	-0.3	4.0	2.6	4.0	0.6
2040—2540 „	—	—	—	—	—	—	1.6	1.5	—	—	5.3	1.2

	J.		A.		S.		O.		N.		D.	
Höhe	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.
40 m	-2.4	3.6	-2.3	4.1	-2.8	3.4	-2.3	3.0	-0.6	2.0	-1.1	1.8
40— 540 „	-1.6	-0.1	-0.8	-2.4	-5.2	-0.9	-1.4	-0.5	-0.8	0.5	-0.3	1.1
540—1040 „	1.9	-1.0	3.6	-0.7	1.4	-1.7	0.4	0.0	-0.1	1.4	-0.9	-0.5
1040—1540 „	1.5	-0.1	5.4	-0.1	2.4	1.9	-0.9	-1.7	-2.0	0.3	—	—
1540—2040 „	—	—	—	—	2.6	2.5	-1.4	-1.3	—	—	—	—
2040—2540 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

	Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
Höhe	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.
40 m	-2.5	2.9	-2.9	3.6	-1.9	2.8	-0.9	2.0	-2.0	2.9
40— 540 „	-2.3	1.3	-1.7	-1.1	-1.4	-0.4	-0.3	1.2	-1.5	0.2
540—1040 „	2.4	0.6	2.9	-0.6	0.7	0.0	1.0	1.4	2.4	-0.1
1040—1540 „	3,8	2.0	3.6	0.2	0.0	0.2	0.4	2.7	2.2	1.0
1540—2040 „	3.3	1.4	3.9	0.4	0.2	0.8	0.9	2.7	2.6	1.0
2040—2540 „	3.2	1.4	4.0	1.7	0.3	1.4	0.5	1.7	2.5	1.4
2540—3040 „	2.2	1.5	4.2	4.0	0.9	1.0	0.4	1.7	2.4	2.3
3040—4040 „	0.7	2.2	4.3	4.2	0.7	0.8	3.4	2.3	0.7	2.4
4040—5040 „	-0.4	0.7	2.9	5.1	0.8	3.1	—	—	0.5	2.7
5040—6040 „	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	2.0

Die Differenzen in den unteren Niveaus (bis etwa 500 m) finden ihre Erklärung in der Turbulenz. Ausser der Turbulenz beeinflussen aber noch die Land- und Seewinde von der Zuiderzee und vielleicht auch von der Nordsee besonders im Frühling und Sommer die Windänderungen mit der Höhe. Das geht zum Beispiel aus folgendem hervor. Aus dem Beobachtungsmaterial wurden alle Sommertage ausgewählt, von denen vom Morgen und vom Mittag eine Höhenwindmessung bis 1000 m vorlag und an welchen der Morgenwind kleiner als 16 km p. St. war. Die Beobachtungspaare sind nach der Richtung des Morgenwindes in 40 m nach Quadranten geordnet. Die Mittelbildung liefert folgendes:

Sommer.

Nord	40 m		290 m		790 m		
36 Beob.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
Morgen	7.8	— 1.1	15.2	3.1	13.0	0.8	km p. St.
Mittag	10.5	— 2.1	10.2	— 0.5	5.5	— 1.3	„ „ „
Differenz (Morgen–Mittag)	— 2.7	1.0	5.0	3.6	7.5	2.1	„ „ „

Ost	40 m		290 m		790 m		
47 Beob.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
Morgen	— 1.3	8.7	— 5.6	13.6	— 3.9	12.1	km p. St.
Mittag	0.4	7.0	— 1.6	9.1	— 5.0	10.3	„ „ „
Differenz (Morgen–Mittag)	— 1.7	1.7	— 4.0	4.5	1.1	1.8	„ „ „

Süd	40 m		290 m		790 m		
74 Beob.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
Morgen	— 9.5	— 0.3	—13.5	—14.1	—12.6	—16.9	km p. St.
Mittag	— 7.8	— 4.3	— 9.6	— 7.5	—13.9	—12.9	„ „ „
Differenz (Morgen–Mittag)	— 1.7	4.0	— 3.9	— 6.6	1.3	— 4.0	„ „ „

West	40 m		290 m		790 m		
62 Beob.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	
Morgen	0.3	— 9.0	5.5	—17.2	7.9	—21.1	„ „ „
Mittag	3.6	—11.5	4.1	—17.4	3.6	—21.6	„ „ „
Differenz (Morgen–Mittag)	— 3.3	2.5	1.4	0.2	4.3	0.5	„ „ „

Beim Nordwind kommt ein Effekt zum Ausdruck, der vielleicht der Nordsee zuzuschreiben ist. Am Morgen hat nämlich der Nordwind in

40 m Höhe eine West-Komponente welche zu Mittag kräftiger ist. Dieses Anwachsen der West-Bewegung kann unmöglich seine Ursache in der Turbulenz haben, da ja am Morgen in 290 und 790 m eine Ost-Bewegung angetroffen wurde.

Der Ostwind gibt einen noch deutlicheren Anweis für einen Einfluss der Zuiderzee. In 40 m hat er am Morgen auch eine Bewegung aus Süd, welche in 290 m ziemlich kräftig ist. Trotzdem nimmt zu Mittag in 40 m Höhe diese Süd-Bewegung nicht zu, sondern sie geht sogar in eine Nord-Bewegung über.

Auch die Tatsache, dass in 290 m am Morgen beim Nordwind die Bewegung aus Ost, beim Ostwind die Bewegung aus Süd kräftiger ist als in 790 m spricht für einen Effekt des Land- und Seewindes. Am Morgen werden durch die Strömungen in Seerichtung in 290 m Ost- und Süd-Bewegung verstärkt.

Für *die höheren Niveaus* findet man zu Mittag nach den Tabellen Seite 120, eine Verstärkung der Bewegung aus Süd (bezw. Abschwächung der Bewegung aus Nord) und eine Verstärkung der Bewegung aus West (bezw. Abschwächung jener aus Ost).

Diese systematischen Differenzen, welche im Frühling und Sommer am deutlichsten sind, lassen sich schwerlich mit den gewöhnlichen Land- und Seewinden in Zusammenhang bringen. Sie bilden wahrscheinlich einen Teil des doppeltägigen Ganges des Windes in grösseren Höhen. Man bekommt aber den Eindruck, dass unsere Werte ziemlich stark abweichen von den von anderen Autoren gefundenen (40, 41), wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich wird:

	Differenz. (Morgen—Mittag).			
	Lindenberg (40)	Säntis (41)	Friedrichshafen (41)	De Bilt
Sommer, N.—S.-Komponent.				
2000 m	0.2	—	—	4.0 km p. St.
2500 m	3.0	0.9	4.2	4.1 „ „ „
Winter, N.—S.-Komponent.				
2000 m	— 3.2	—	—	0.7 „ „ „
2500 m	— 4.0	1.3	—	0.5 „ „ „
Sommer, E.—W.-Komponent.				
2000 m	— 2.2	—	—	1.0 „ „ „
2500 m	— 3.2	— 0.9	2.6	2.8 „ „ „
Winter, E.—W.-Komponent.				
2000 m	0.9	—	—	2.2 „ „ „
2500 m	1.3	1.3	—	1.7 „ „ „

Es wurde für Sommer (Mai—September) und Winter (November—März) die Realität unserer Ergebnisse in folgender Weise geprüft, schon allein deshalb, weil man meinen könnte, dass bei den Mittagpiloten intensivere Sonnenstrahlung die Steiggeschwindigkeit beeinflussen könnte.

Aus allen seit 1912 gemachten Höhenwindmessungen wurden diejenigen ausgewählt, welche in den Niveaus 1290 bis 4540 m einen Vergleich von Morgen- und Mittagwind gestatten. Die Beobachtungen sind wieder nach dem Morgenwind des *betreffenden* Niveaus in vier Quadranten eingeordnet. Man bekommt folgendes:

Differenz.
(Morgen—Mittag).

Sommer.													
Quadrant	*Nord*		*Süd*		*Ost*		*West*		*N.*	*S.*	*E.*	*W.*	
Höhe	N.	E.	N.	E.	N.	E.	N.	E.	Geschwindigkeit				
1290 m	9.7	0.6	1.0	3.2	4.7	3.3	6.5	−3.9	3.1	−3.1	0.6	−0.1	km p. St.
1790 „	10.2	0.7	−1.4	5.3	5.8	4.1	4.9	−2.3	3.9	−2.8	0.9	−0.9	„
2290 „	8.4	1.8	1.6	6.9	6.2	4.8	2.8	−0.3	4.5	−4.0	2.2	−2.4	„
2790 „	5.3	3.6	0.6	6.9	4.1	5.0	7.7	−0.6	1.7	−2.8	3.6	−3.1	„
3540 „	10.1	3.2	5.5	4.1	2.5	4.1	7.8	−1.0	6.3	−6.7	2.0	−0.7	„
4540 „	8.0	2.1	5.7	0.3	3.0	2.0	4.6	−1.0	5.1	−5.2	0.3	−1.6	„
Winter.													
1290 m	5.5	4.0	−2.9	5.2	1.6	4.9	6.2	1.8	1.1	−1.2	2.3	−4.0	km p. St.
1790 „	4.5	4.8	−0.5	2.3	3.7	4.8	8.3	1.5	1.3	−3.3	0.9	−3.2	„
2290 „	3.1	2.4	−1.2	1.8	4.6	6.7	5.8	1.2	0.9	−0.7	1.8	−3.5	„
2790 „	0.1	2.7	−4.7	1.6	2.8	7.0	2.3	−3.4	−2.1	2.2	3.6	−0.6	„
3540 „	0.2	2.1	−2.1	2.5	1.6	5.7	0.5	0.2	−1.7	0.6	0.2	−3.1	„
4540 „	2.0	2.5	0.1	3.6	−1.9	2.8	1.8	3.7	1.3	−2.6	0.3	−1.6	„

Man darf wohl behaupten, dass man hierin eine Bestätigung hat für das, was in dem allgemeinen Mittel schon gefunden worden ist. Es ist offenkundig, dass von Einflüssen der Aenderung der Steigegeschwindigkeit nicht die Rede sein kann, weil die *Geschwindigkeits*änderungen in den verschiedenen Quadranten so verschieden ausfallen.

Im SOMMER sind die Differenzen (Morgen-Mittag) bei den N.—S.-Komponenten immer positiv, sie haben ihre grössten Werte im Nord-Quadrant, bis 3000 m werden die kleinsten Werte im Süd-Quadrant angetroffen. Bei den E.—W.-Komponenten sind alle Differenzen im N.-, E.- und S.-Quadrant positiv, im West-Quadrant negativ. Diese Ver-

schiedenheiten der Quadranten sind konvektiven Einflüssen zuzuschreiben; die hier gewählten Beobachtungen sind nämlich grösstenteils bei ziemlich heiterem Himmel gemacht worden. Das bedeutet besonders bei Nord- und Nordwest-Luftbewegung eine kräftige vertikale Mischung. Deshalb sind im Nord-Quadrant die Differenzen bei den N.—S.-Komponenten sehr bedeutend, während sie im W.-Kwadrant bei den E.—W.-Komponenten negativ aus fallen. Am besten charakterisieren Nord- und Süd-Quadrant die Differenzen bei den E.—W.-Komponenten, E.- und W.-Quadrant die Differenzen bei den N.—S.-Komponenten.

Im WINTER gibt die N.—S.-Komponente im Nord-, Ost- und West-Quadrant positive Differenzen, welche im allgemeinen kleiner sind als im Sommer; im Süd-Quadrant findet man negative Differenzen, welche der grösseren Turbulenz bei rascherer Strömung zuzuschreiben sind. Die Differenzen der E.—W.-Komponenten sind fast alle positiv. Man bekommt sogar den Eindruck, dass im Winter die tägliche Aenderung der E.—W.-Komponente gegenüber jener der N.—S.-Komponente mehr zu bedeuten hat als im Sommer.

Die Mittelwerte aller Quadranten können mit den von *Tetens* (40) für heitere Tage in Lindenberg gefundenen verglichen werden. Es ergibt sich:

Differenz.

(Morgen—Mittag).

	De Bilt.				Lindenberg.			
Sommer.	N.	E.				N.	E.	
1290 m	5.2	0.4	km p. St.		1000 m	— 3.1	4.3	km p. St.
1790 „	4.1	1.8	„		1500 „	— 3.6	3.1	„
2290 „	4.0	3.0	„		2000 „	— 3.4	8.7	„
2790 „	4,7	3,2	„		2500 „	— 2.0	8.6	„
3540 „	7.0	2.0	„		3000 „	— 1.5	3.6	„
4540 „	5.3	0.2	„					
Winter								
1290 m	2.3	4.0	km p. St.		1000 m	— 10.7	— 0.9	km p. St.
1790 „	3.7	3.5	„		1500 „	— 11.1	— 2.3	„
2290 „	3.1	3.4	„		2000 „	— 10.1	— 0.9	„
2790 „	0.5	2.8	„		2500 „	— 9.7	— 0.1	„
3540 „	0.2	2.3	„		3000 „	— 11.3	— 2.3	„
4540 „	1.0	2.9	„					

Die Unterschiede beider Stationen sind sehr gross. Es wäre wünschenswert, auch von anderen westeuropäischen Orten zu wissen, wie die tägliche Windänderung in der freien Atmosphäre aussieht. Die Ergebnisse von De Bilt sind unseres Erachtens als ein *grosses Land- und Seewindsystem* aufzufassen. Die Unterschiede in der Erwärmung des Kontinents gegenüber der des Meeres haben natürlich an erster Stelle in Küstennähe den normalen Land- und Seewind-Effekt zur Folge. Die regelmässige Aenderung der Neigung der isobaren Flächen, welche auch in grösseren Höhen über grössere Entfernung auftreten muss, erzeugt aber auch hoch in der freien Atmosphäre eine periodische Luftbewegung. Die Richtungen dieser *grossen Land- und Seewinde* näheren sich den Richtungen der Linien gleicher Druckänderung in der Höhe. Wo im Mittel eine SSW.-Komponente dem Morgenwind hinzugefügt werden muss um den Mittagwind zu bekommen, müsste der grösste tägliche Temperaturgang SE.-lich von De Bilt auftreten, was auch wahrscheinlich ist. Nähere Untersuchungen müssen lehren, ob die relativ grössere Bedeutung der E.-W.-Komponenten dieses grossen Land- und Seewindes im Winter mit einer südlicheren Lage der Gegend grösster täglicher Temperaturvariationen zusammenhängt.

Die Beständigkeit.

Tabelle 50 (Seite 109) gibt eine Uebersicht der Werte der Beständigkeit in %, berechnet aus der Geschwindigkeit und Luftversetzung von Morgen und Mittag.

Untenstehende Tabellen zeigen die Beständigkeiten für Morgen und für Mittag in den einzelnen Quadranten und in den einzelnen Jahreszeiten.

Morgen.

Quadrant	*Nord.*				*Ost.*				*Süd.*				*West.*			
Höhe	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.
40 m	86	89	88	87	89	92	90	88	92	93	93	91	91	89	91	92 %
290 „	84	83	88	85	77	80	81	84	87	84	89	88	87	85	85	84 „
790 „	74	76	87	88	76	71	74	81	84	84	88	89	85	84	86	83 „
1290 „	63	56	86	90	66	58	64	77	83	83	88	87	83	83	85	83 „
1790 „	59	50	81	90	55	44	52	69	80	82	87	84	81	84	85	83 „
2290 „	49	43	82	—	44	37	41	62	79	81	86	79	82	83	84	84 „
2790 „	48	40	77	—	36	30	30	59	80	80	81	78	79	79	81	84 „
3540 „	45	45	63	—	26	29	18	48	79	79	80	66	80	78	80	— „
4540 „	—	43	—	—	13	43	11	36	79	78	77	69	—	—	—	— „
5540 „	—	—	—	—	5	48	6	—	76	79	—	—	—	—	—	— „
6540 „	—	—	—	—	—	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	— „
7540 „	—	—	—	—	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	— „

Mittag.

Quadrant	*Nord.*				*Ost.*				*Süd.*				*West.*			
Höhe	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.	F.	S.	H.	W.
40 m	90	89	87	84	88	88	88	89	91	91	91	92	86	90	90	91 %
290 „	81	79	80	76	85	83	85	82	86	89	89	91	86	88	90	85 „
790 „	63	48	74	77	75	78	81	76	83	88	87	90	79	88	88	82 „
1290 „	53	40	74	82	65	66	67	66	85	88	88	86	79	84	85	80 „
1790 „	53	48	74	84	52	55	56	53	82	88	88	83	79	84	86	80 „
2290 „	61	55	77	—	41	48	46	47	82	78	88	77	83	84	83	80 „
2790 „	64	58	76	—	32	45	42	40	85	87	87	73	81	85	83	78 „
3540 „	65	62	73	—	25	36	33	27	75	85	89	—	79	84	—	— „
4540 „	56	67	—	—	18	40	12	27	75	83	84	—	71	—	—	— „
5540 „	56	67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	— „
6540 „	—	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	— „

Im allgemeinen sind Morgen- und Mittagwerte ungefähr gleich gross.

Auffallend ist der Unterschied zwischen Nord- und Ost-Winden einerseits, Süd- und West-Winden andrerseits.

Die grösste Beständigkeit findet man im Sommer, sie ist ein Zeichen für den Sommermonsun, und tritt besonders oberhalb 1000 m in Tabelle 50 (Seite 109) deutlich hervor.