

# HÖHENABHÄNGIGKEIT DER WINDRICHTUNGSBEEIN- FLUSSENDEN WIRKUNG DER OROGRAPHIE

B. BÉLL (BUDAPEST)

Bei der klimatischen Erforschung des Karpatenraumes ist der strömungsregelnden Wirkung des Gebirgssystems große Aufmerksamkeit zu widmen. Die Aufgabe ist nicht leicht, da infolge der Verknüpfung zahlreicher klimatischer Faktoren entlang den Alpen und den Karpaten sowie in den von den Bergen umschlossenen Becken ein kompliziertes Strömungsbild entsteht.

In der ungarischen Fachliteratur wurde diese Frage in mehreren Arbeiten behandelt. Darunter haben G. TÓTH [1], GY. PÉCZELY [2] und G. PÁPAI [3] die Wirkung der Gebirgssysteme in typischen synoptischen Lagen untersucht. Mit der statistischen Untersuchung der ungarischen aerologischen Messungen trachtet vorliegende Abhandlung die permanenten Charakteristiken der troposphärischen Winde darzulegen. Obgleich die nachfolgenden Ergebnisse sich bloß auf die Häufigkeit der Windrichtungen erstrecken, geben sie auch ein Bild über die Windstärke, da die häufigsten Windrichtungen zugleich auch die stärksten Winde enthalten.

Es wäre unrichtig, die Windverhältnisse des Karpatenraumes von den Windsystemen des europäischen Kontinentes isoliert zu untersuchen. Letztere lassen sich am durchschnittlichen Luftdruckbild in großen Zügen überblicken. SCHERHAG [4] hat einen charakteristischen Unterschied zwischen der winterlichen und der sommerlichen absoluten Topographie von 1000 mb gefunden (*Abb. 1*). Im Winter zieht sich ein ausgeprägter Hochdruckrücken entlang der sich verhältnismäßig stark abkühlenden Kontinentalachse Europas. An der Nordseite dieses Rückens, über West- und Mitteleuropa, zeigen die Isohypsen eine allgemeine südwestliche Luftströmung (*a*). Im Sommer, gleichzeitig mit der Aufwärmung des Kontinents, verlagert sich das Hochdruckgebiet gegen Westen auf den Ozean (*b*), und die Luftdruckverteilung über West- und Mitteleuropa deutet auf eine allgemeine NW-Strömung. Die gestrichelten Kurven der relativen Topographie zeigen, daß die Mitteltemperatur der unteren Troposphäre in Mitteleuropa im Winter ein Gefälle in der Richtung SW—NE, im Sommer in der Richtung N—S aufweist. Demnach dreht sich die Windrichtung — von unten nach oben gesehen — im Winter nach rechts, im Sommer nach links, wie dies auch die absoluten Topographien 500 mb auf *Abb. 1* beweisen.

Eine ausführlichere Orientierung erhält man aus der Abhandlung von ALT [5]. *Abb. 2* zeigt die vorherrschenden Windrichtungen des europäischen Kontinents. Im Winter (*a*) erscheint die Kontinentalachse in der Form

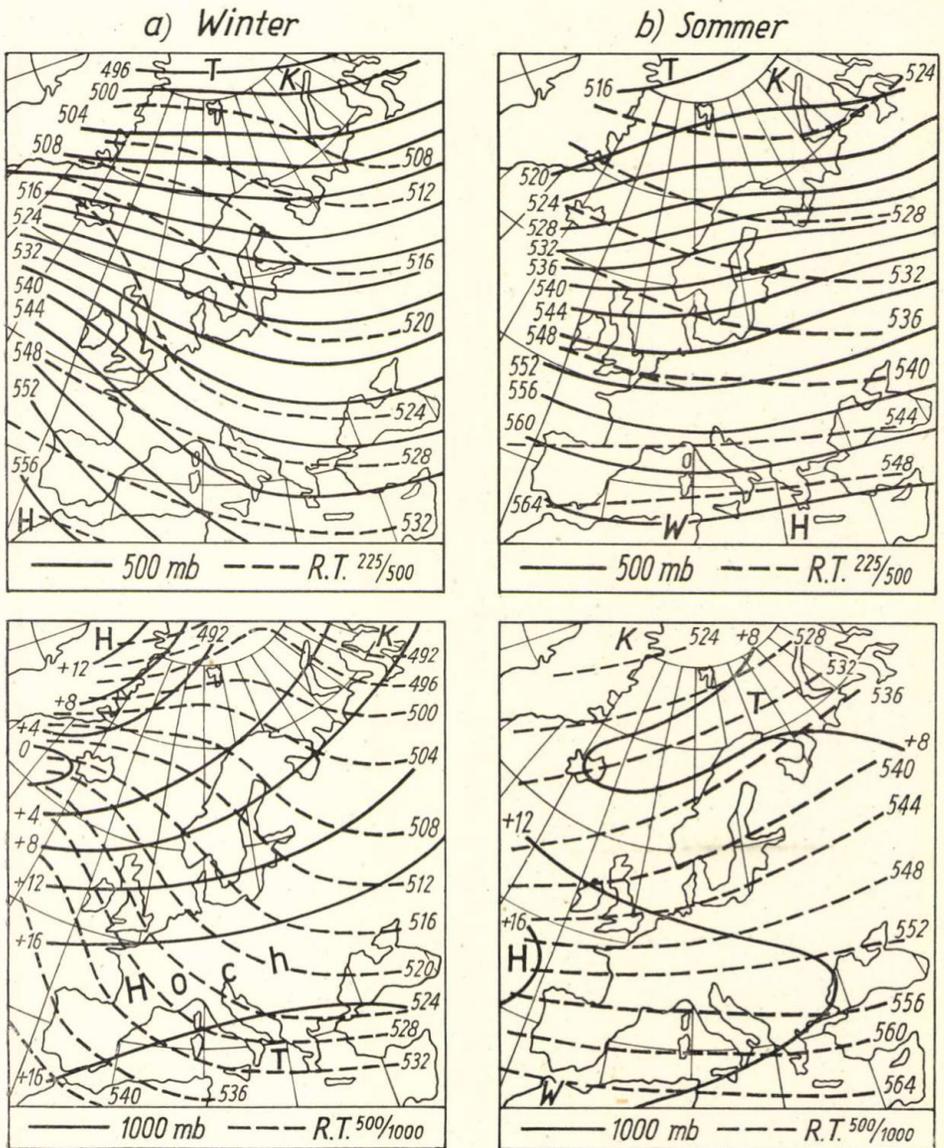


Abb. 1. Das mittlere thermobarische Feld über Europa (Nach SCHERHAG)

einer Divergenzlinie durch Spanien, die Schweiz und Österreich, mit einer SW-Strömung an der Nordflanke. Im oberen Donautal hat die Strömung eine westliche Richtung, um sich jedoch in der Ungarischen Tiefebene (Alföld) mit einer ausgesprochenen SW-Richtung dem allgemeinen Strömungsbild anzuschließen. Der NW-Wind entlang der unteren Donau und

in Rumänien deutet auf die monsunale Wirkung des Schwarzen Meeres. Im Sommer (b) kann man in den über Mitteleuropa wehenden westlichen Winden den europäischen Monsun erkennen. Die Windverhältnisse in der Ungarischen Tiefebene, im Raum der unteren Donau, an den nördlichen Abhängen der Karpaten sowie in der Rumänischen Tiefebene weisen entschieden auf die windrichtungändernde Wirkung der Karpaten hin.

Letzten Endes kann man in den Strömungsverhältnissen des Karpatenraumes die gemeinsame Wirkung der großen klimatischen Faktoren, nämlich der geographischen Breite, der thermischen Unterschiede des Ozeans und des Kontinents, sowie der Orographie erblicken.

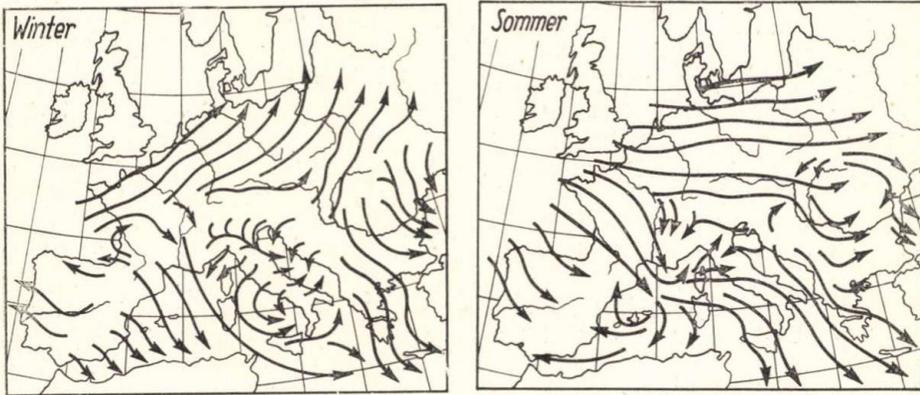


Abb. 2. Mittlere Stromlinien über Europa (Nach ALT)

Die Strömungsverhältnisse Ungarns passen in dieses Bild hinein. In der Bearbeitung von N. BACSÓ [6] beweist die jährlich vorherrschende Windrichtung die bedeutende Wirkung der Orographie (Abb. 3). Demgemäß dringt die Luft in erster Reihe im Nordwesten durch das Donautal bzw. über die verhältnismäßig niedrigen Gebirgszüge (unter 1000 m Höhe) der Waldkarpaten in Ungarn ein. Die durch das nordwestliche Tor eintretende Strömung verbreitet sich über Ungarn. Eine Abzweigung zieht in Westungarn gegen Süden, eine zweite überquert mit einem NW-Wind den nördlichen Teil Transdanubiens und dringt über das Donau-Theiß-Zwischenstromgebiet gegen Osten vor; dieselbe Richtung nimmt auch der dritte Teil entlang dem Südrande des Nördlichen Mittelgebirges ein. Die durch das nordöstliche Tor eintretende Strömung durchquert mit NE-Winden das Gebiet jenseits der Theiß. Entlang einer Konvergenzlinie, die sich von Szeged bis Szolnok entlang der Theiß und in der nördlich gerichteten Verlängerung dieser Linie hinzieht, vermischen sich die zwei Strömungen und werden abgebremst. Est ist fraglich, bis zu welcher Höhe diese orographischen Auswirkungen noch zu beobachten sind.

Die ungarischen Windmeßstationen befinden sich an günstigen Stellen, um die vertikale Verbreitung der Strömungscharakteristiken studieren zu können (Abb. 3). Szombathely liegt in der sich nach Süden wendenden Abzweigung der durch das nordwestliche Tor eindringenden Luft, Győr

und Budapest im Gebiet der nach Südosten vordringenden Abzweigung, Debrecen befindet sich am Weg der durch die Waldkarpaten eindringenden NE-Strömung, Szeged an der Konvergenzlinie entlang der Theiß, während Pécs und Miskolc in den gestörten Strömungsfeldern der Mittelgebirge Mecsek und Bükk liegen.

Aus Budapest stehen zweijährige RAWIN-Messungen und dreißigjährige Pilotmessungen, aus den übrigen Stationen zehnjährige Pilotserien zur Verfügung. Da die RAWIN-Messungen homogene Serien ergeben, wollen wir uns zuerst mit ihnen befassen.

Laut der jährlichen Häufigkeitswerte der Windrichtungen gibt es über 5 km keine signifikanten Abweichungen in der Windrichtungsverteilung

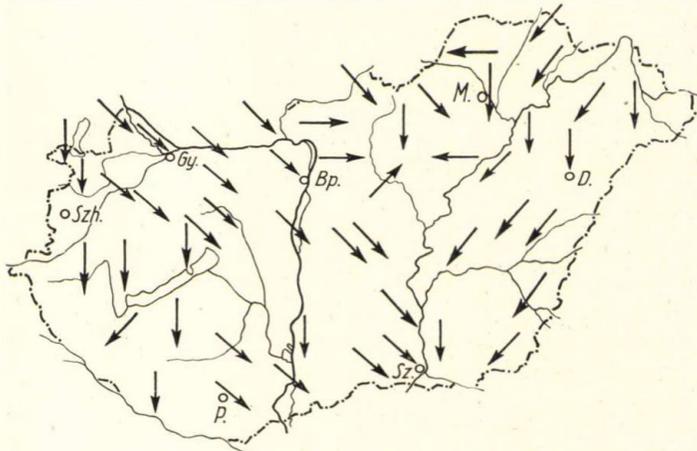


Abb. 3. Richtung des jährlichen vorherrschenden Windes in Ungarn (Durchschnitt von 10 Jahren)

der verschiedenen Höhengschichten. Die aus der Schicht von 5 bis 10 km stammenden vereinigten Angaben ergeben eine in groben symmetrische Häufigkeitskurve (Abb. 4 Kurve); der häufigste Wert kommt bei einer Windrichtung von  $270^\circ$ , d. h. W vor.

Die vorherrschenden und selten vorkommenden Windrichtungen ergeben weitere Kennwerte der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen. Der Anregung von PÉCZELY [7] folgend, kann zwischen den relativen Häufigkeiten der Windrichtungen eine untere Grenze  $h_1$  und eine obere Grenze  $h_2$  bestimmt werden, zwischen denen die dort vorkommenden Windrichtungshäufigkeiten auch infolge zufälliger Schwankungen entstehen können.

Je nachdem, ob die Häufigkeit über  $h_2$  oder unter  $h_1$  liegt, kann man von vorherrschenden oder seltenen Windrichtungen sprechen. Da bei der Bearbeitung 16 Windrichtungen in Betracht gezogen wurden, ergibt sich folgende Grundwahrscheinlichkeit (unter der Annahme gleicher Möglichkeiten für das Vorkommen jeder einzelnen Windrichtung):

$$p_0 = \frac{100}{16} = 6,3\%.$$

In diesem Fall hängt der Wert von  $h_1$  und  $h_2$  von der Zahl  $N$  der Fälle ab und kann aus einer entsprechenden Tabelle leicht ermittelt werden [8]. In bezug auf die Windrichtungsverteilung der oberen Troposphäre über Budapest ( $N = 3800$ ) hat man

$$h_1 = 4,5\%$$

$$h_2 = 7,5\%.$$

Demgemäß fallen die vorherrschenden Windrichtungen zwischen SW und NW, während die seltenen Windrichtungen durch NNE und SSE begrenzt sind. Man kann wohl sagen, daß in der Windrichtungsverteilung der oberen Troposphäre die W-Strömung der allgemeinen Zirkulation zur Geltung kommt.

An den Häufigkeitskurven unter 5 km tritt eine typische Asymmetrie auf. In der jährlichen Windrichtungsverteilung (*Abb. 4*, Kurven  $b-f$ ) verringert sich die absolute Überlegenheit der Richtung W von 5 km abwärts, um unter 4 km gänzlich aufzuhören; unter 2500 m befindet sich der Westwind nicht mehr in der Reihe der vorherrschenden Winde. Anstatt dessen treten zwei Häufigkeitshöchstwerte auf, die sich nach abwärts von W nach S bzw. N verschieben. Werden nun die Angaben nach Winter- und Sommerhalbjahr aufgeteilt, so erhält man folgendes Bild:

1. In der unteren Troposphäre gruppieren sich die vorherrschenden Winde im Winter um SW und S, im Sommer um NW (*Abb. 4*, Kurven  $h-l$ ); dieser Unterschied ist in geringem Maße und mit ziemlich unverändertem Gepräge nach aufwärts auch in der oberen Troposphäre zu erkennen (*Abb. 4*, Kurve  $g$ ).

2. Von oben nach unten gesehen, dreht sich die häufigste Windrichtung im Winter nach links, im Sommer nach rechts. In beiden Erscheinungen ist die Wechselwirkung des europäischen Kontinents und des Ozeans zu erkennen (*Abb. 1*). Zugleich kann man feststellen, daß in Budapest (und im allgemeinen in Mitteleuropa) die vorherrschenden Winde der unteren Troposphäre im Winter eine advektive Erwärmung und im Sommer eine Abkühlung verursachen. In der sommerlichen Windrichtungsverteilung (und in geringerem Maße auch in der winterlichen) kann der permanente Charakter der Windrichtung NW erkannt werden, der die Folge der Lage ist, die Budapest im Raum der Karpaten und der Alpen einnimmt (*Abb. 3*).

In der untersten Luftschicht unter 1 km treten in den Häufigkeitskurven weitere Besonderheiten auf, die ihre Erklärung zum Teil im Auftreten der Reibung, zum Teil in den Auswirkungen des lokalen Flächenprofils finden. Letztere verursachen erhebliche Unterschiede in der Windrichtungsverteilung des Observatoriums von Pestlőrinc und des Zentralinstituts von Buda, die 18 km voneinander entfernt liegen. Die Kurven  $m-n$  der *Abb. 4* zeigen die Abweichung, die aus den Stundenwerten derselben 5 Jahre ermittelt wurde. Demgemäß sind im Observatorium von Pestlőrinc N und ESE die häufigsten Windrichtungen, während im Institut von Buda NW Alleinherrscher ist. In Pestlőrinc sichert der in Richtung SE dahinziehende Cegléd-Graben und die in Richtung N gelegene Pester Ebene einen freien Windgang, während das Institut in Buda am südöstlichen Ausgang

Budapest Obs. 1959-1961

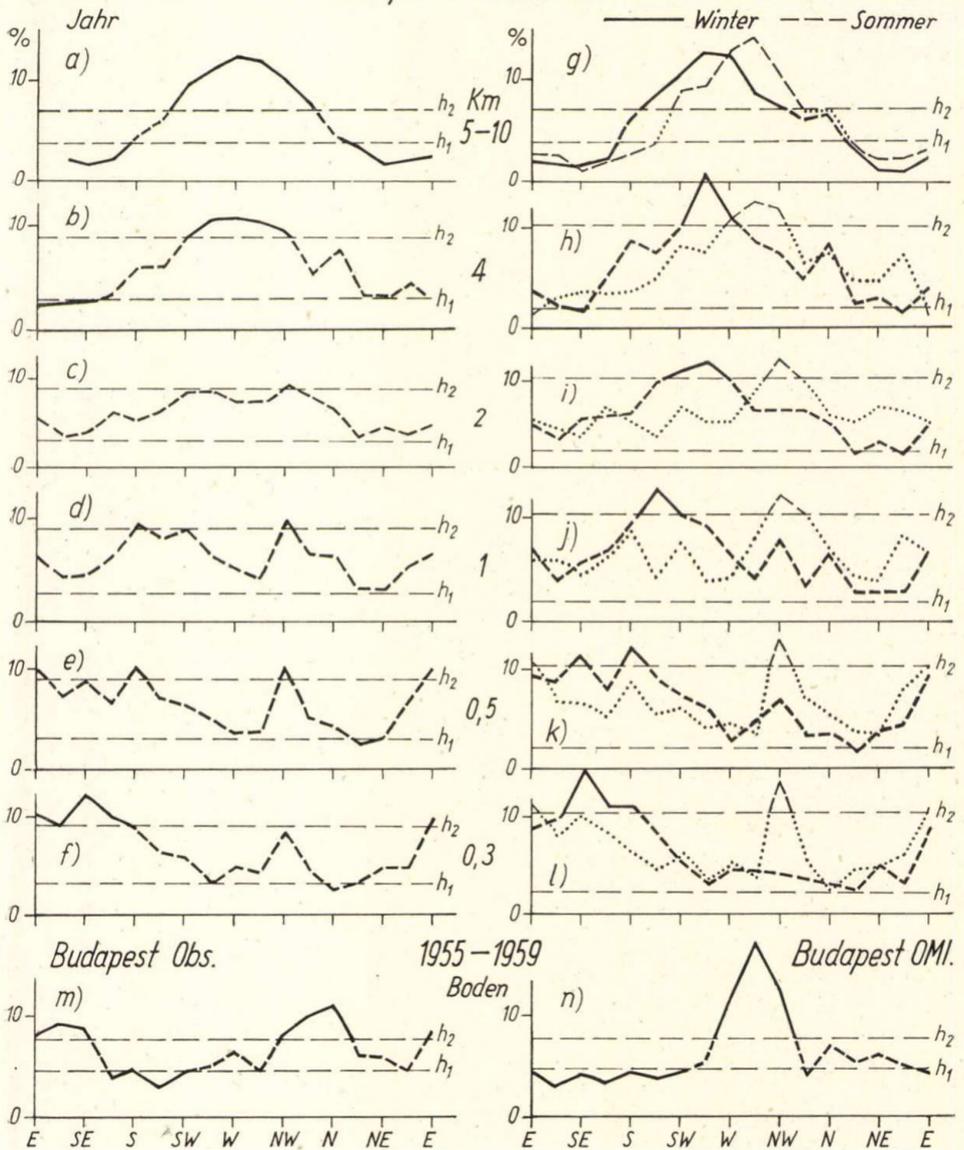


Abb. 4. Häufigkeit der Windrichtungen über Budapest

des Ördögárok-Tales liegt, welches sich zwischen dem Szabadság-Berg und dem Hármashatár-Berg erstreckt und mit seiner Kanalwirkung die auffallende Häufigkeit der NW-Winde verursacht. In der Höhe von 500 m ist die Abweichung zwischen den zwei Stationen nicht mehr nachzuweisen [9].

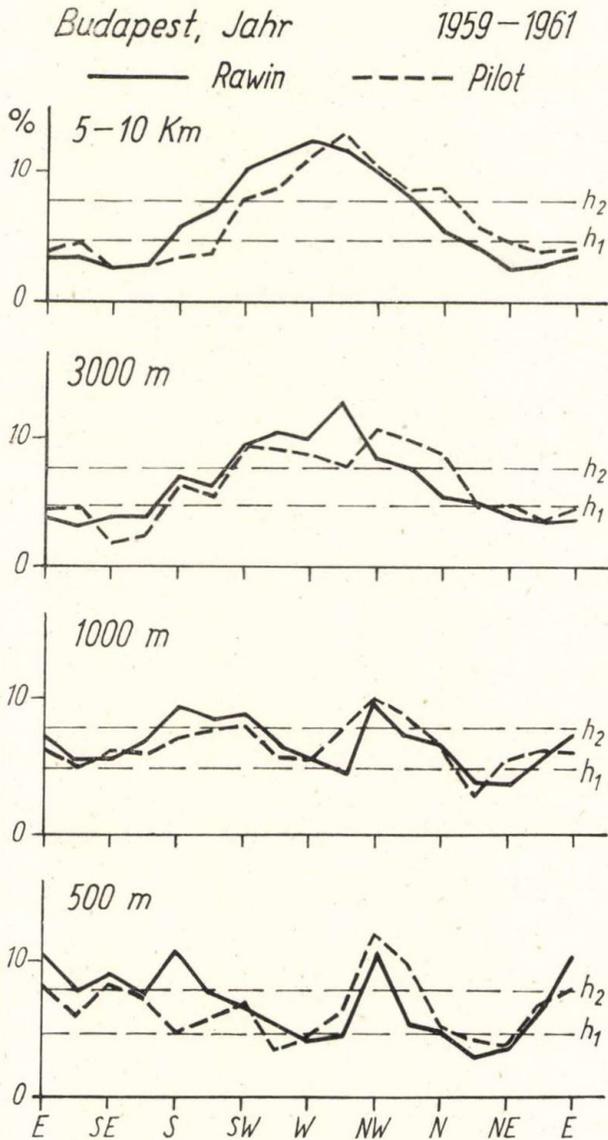


Abb. 5. Häufigkeit der Windrichtungen über Budapest auf Grund von RAWIN- und Pilot-Windmessungen

Von den übrigen Pilotstationen Ungarns stehen visuelle Höhenwindmessungen zur Verfügung. Es ist eine zu entscheidende Frage, inwiefern sich dieses Material, von dem es in der ganzen Welt lange Serien gibt und auf Grund dessen zahlreiche aeroklimatologische Abhandlungen und Monographien abgefaßt wurden, zur Charakterisierung der Windverhältnisse eignet.

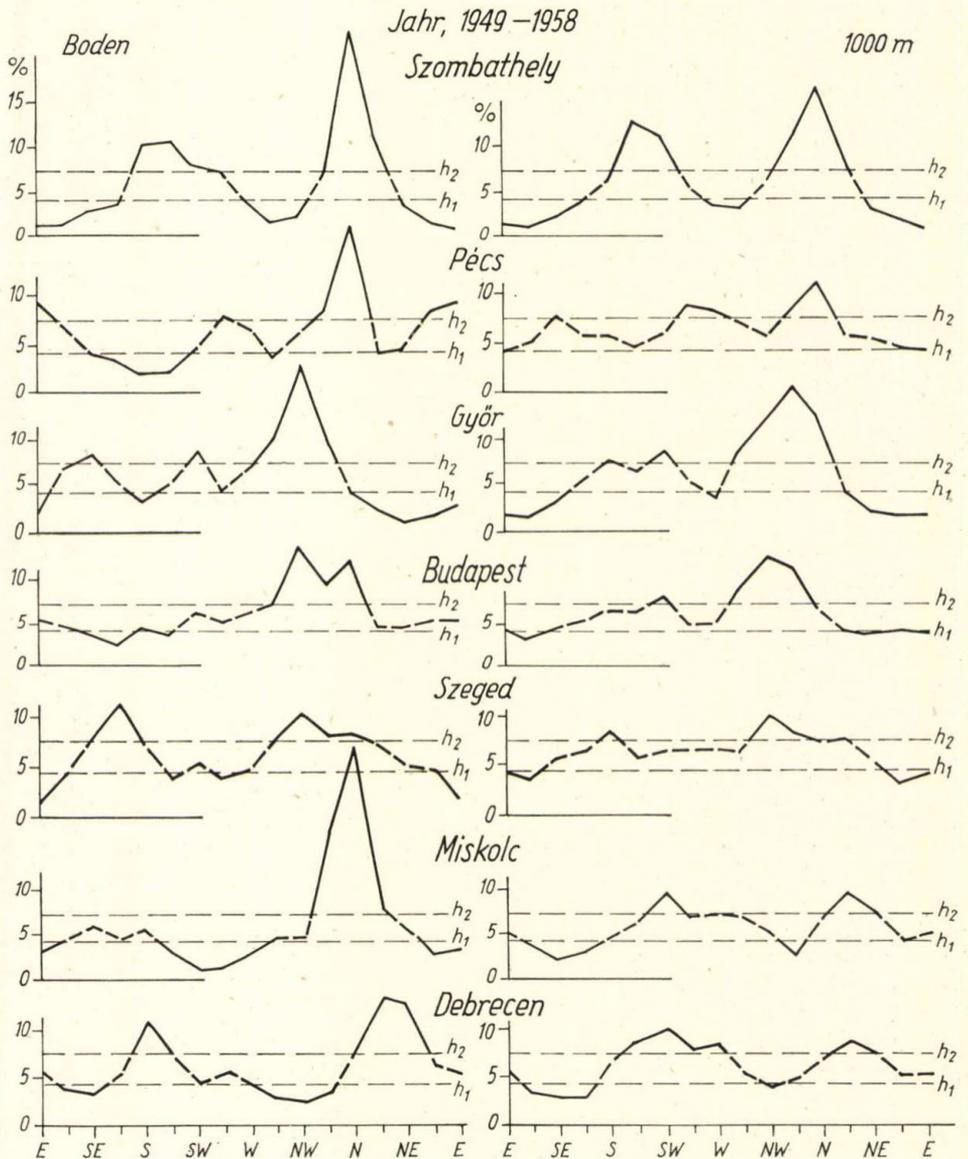


Abb. 6. Häufigkeit der Windrichtungen auf den Pilotstationen Ungarns

Die bekannte Mangelhaftigkeit der visuellen Pilotmessungen besteht darin, daß sich die Zahl der Messungen mit der zunehmenden Höhe nach und nach verringert. Gewissenhafte Beobachtungen angenommen, hängt das Ausmaß der Verringerung von der Häufigkeit der Wolkendecken verschiedener Schichten ab. So erreicht etwa in Budapest die Verringerung der

Zahl von Pilotmessungen ihren Höhepunkt zwischen 2 und 3 km, in der Zone der mittelhohen Wolken. Im Durchschnitt von 25 Jahren erreichen daselbst 71% sämtlicher Pilotmessungen die Höhe von 3 km, 52% die 5 km- und bloß 27% die 10 km-Höhe. Es ist klar, daß mit der zunehmenden Höhe die sog. Schönwetter-Piloten immer mehr in den Vordergrund treten. Um diese inhomogene Angabenserien zu überprüfen, haben wir die aus den Budapester Pilot- und RAWIN-Messungen gewonnenen Windrichtungshäufigkeitskurven miteinander verglichen. *Abb. 5* zeigt das Ergebnis dieses Vergleiches für die Höhen von 500, 1000 und 3000 m sowie zwischen 5 und 10 km in der oberen Troposphäre. Demgemäß lassen die Pilotmessungen im Fall von 16 Windrichtungen die Häufigkeit der sich um S-SW gruppierten Windrichtungen um 2–3% niedriger, jene der um NW-N befindlichen in demselben Maße höher erscheinen. Das läßt sich leicht damit erklären, daß in Ungarn die Wetterlagen mit einer südlichen Strömung wolkiger, jene mit einer Nordströmung hingegen heiterer sind. Dieses Verhältnis ist selbstverständlich eine klimatische Eigenart und ist im makroklimatologischen Sinn für jeden Ort zu bestimmen.

Obiges vor Augen haltend haben wir die Windrichtungshäufigkeiten der ungarischen Pilotstationen untersucht. Zur Veranschaulichung der Windrichtungen führen wir anbei die am Boden und in der Höhe von 1000 m von 7 Stationen ermittelten Häufigkeitskurven an (*Abb. 6*). Man sieht, daß — gemäß dem vorangehend Gesagten — (*Abb. 3*) Szombathely und Pécs in der nördlichen Strömungszone West-Transdanubiens, Győr, Budapest und sogar noch Szeged in der das Land durchquerenden NW-Windzone, Miskolc und Debrecen in dem Gebiet der für Ostungarn charakteristischen N- und NE-Winde liegen. Der vorherrschende Charakter dieser Windrichtungen kann bei 1000 m — obzwar in einem geringeren Maße — jedoch klar erkannt werden. Die für das Winterhalbjahr charakteristische Häufigkeit der Windrichtungen S, SW tritt bei sämtlichen Stationen als Zweitmaximum in Erscheinung. In der Tabelle sind die vorherrschenden Winde der unteren Troposphäre mit den relativen Häufigkeitswerten angegeben.

In der unteren Troposphäre können an sämtlichen Pilotstationen Ungarns in der Gegend der Richtungen SW und NW die für das winterliche und das sommerliche Halbjahr charakteristischen maximalen Häufigkeitswerte entdeckt werden, die wir durch die Wechselwirkung des Ozeans und des Kontinents erklärt haben.

Der vorherrschende Charakter der Windrichtungen um SW wird an fast allen unserer Pilotstationen auch von der Orographie unterstützt. Szombathely am östlichen Fuß der Alpen, Pécs an der südöstlichen Seite des Mecsek-Gebirges, Budapest am östlichen Fuß der Budaer Berge, Miskolc östlich des Bükk-Gebirges und Debrecen im breiten Theiß-Becken von NE—SW Richtung — haben alle eine günstige Lage für SW-Winde.

Bei den Richtungen um NW sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Stationen schon stärker ausgeprägt. Laut der Tabelle ist in Szombathely und Pécs der vorherrschende N-Wind West-Transdanubiens auch in den hohen Lagen zu finden, doch ist bereits bei 2 km die für Mitteleuropa typische NW-Richtung vorherrschend. Győr und Budapest sind in

TABELLE I

*Die relative Häufigkeit der vorherrschenden Windrichtungen über den Pilotstationen in Ungarn*

Station		Szombathely			Pécs		Győr			Budapest		Szeged		Miskolc		Debrecen	
Boden	R %	N 23	SSW 11	N 18	E 9	NW 19	SW 9	NW 13				NW 11	SSE 11	N 25		NE 13	S 11
500 m	R %	N 20	SSW 13	N 11		NW 10	SW 9	NW 14				NW 11	S 9	NNE 14		NNE 11	SW 10
1000 m	R %	N 16	SSW 13	N 11	WSW 9	NW 16	SW 9	NW 12	SW 8			NW 11	S 8	NNE 10	SSW 10	NNW 9	SW 10
1500 m	R %	N 13	SSW 11	N 10	WSW 10	NW 16	SW 8	NW 11	SW 8			NW 11	S 8	NNE 8	WSW 10	N 8	SW 10
2000 m	R %	N 13	SSW 10	N 10	WSW 10	NW 16	SW 8	NW 11	SW 8			NW 11	SSW 8	NW 8	WSW 11	WNW 10	SW 10
2500 m	R %	NW 12	SSW 10	NNW 9	WSW 11	NW 15	SW 9	WNW 12	SW 9			NW 12	SW 10	WNW 11	WSW 10	WNW 11	SW 10
3000 m	R %	NW 12	SSW 10	NW 10	WSW 12	NW 16	SW 10	NW 12	WSW 10			NW 11	SW 10	WNW 10	WSW 10	WNW 10	

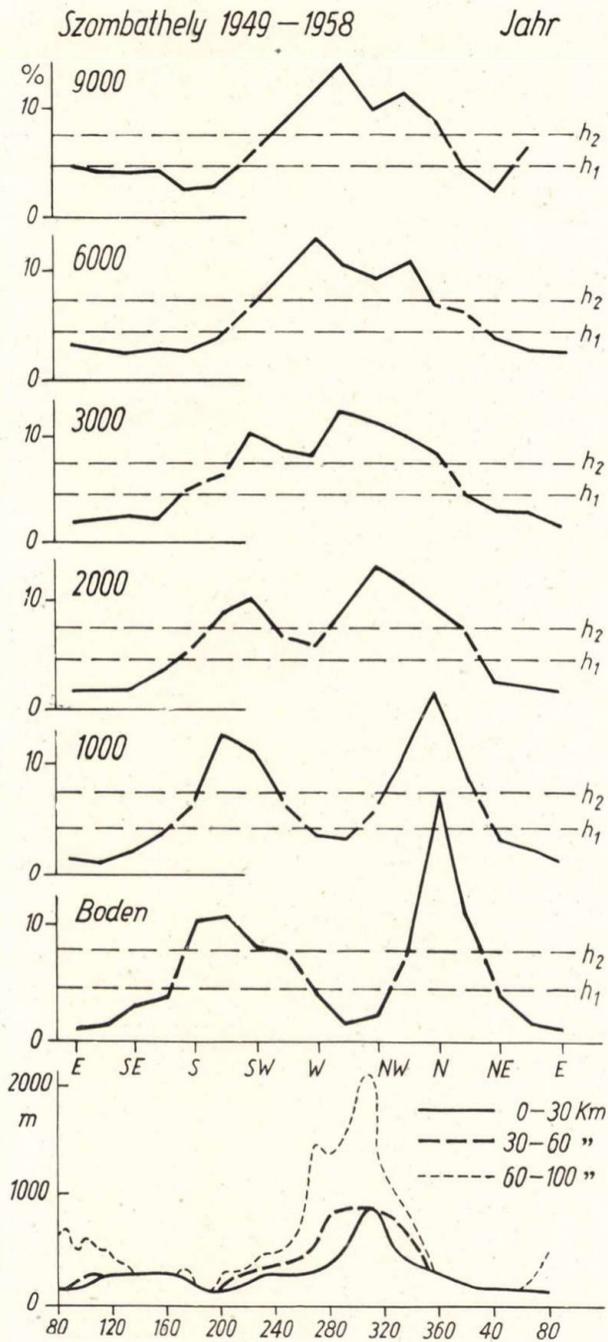


Abb. 7. Orographisches Profil und Windrichtungshäufigkeit über Szombathely

der Höhe durch den am Boden gefundenen vorherrschenden NW-Wind gekennzeichnet, der sich auch auf Szeged erstreckt. Über Miskolc und Debrecen kommt die führende Rolle dem N-NE Wind Ostungarns zu und wird bei etwa 2 km Höhe vom NW übernommen.

Die Nähe der Alpen und der nordwestlichen Windpforte macht sich in Szombathely stark fühlbar. Auf *Abb. 7* wurden die Gebirgszüge in Umkreisen von 0–30, 30–60, 60–100 km um Szombathely mit den Windrichtungshäufigkeiten zusammen dargestellt. Die Windschutzwirkung der Berge ist in den auffallend niedrigen Häufigkeitswerten der Windrichtungen W-NW gut sichtbar. Obgleich diese in einer Höhe von 1500 m ihren statistisch feststellbaren »seltenen« Charakter verlieren, läßt die auffallende und nach aufwärts in abnehmendem Maße stattfindende Einsenkung der Häufigkeitskurve eine orographische Einwirkung vermuten, die sich auf die ganze Troposphäre erstreckt. Infolge der Eigenartigkeit der visuellen Pilotmessungen ergibt das Haupt- und Zweitmaximum einen von dem Tatsächlichen bedeutend größeren Unterschied, da in der Wirklichkeit die Häufigkeit der Windrichtungen um N einige Prozente niedriger, jene der um S liegenden aber höher als die Mitgeteilten ist. Aus diesem Grunde kann eine numerische Analyse der zwischen den einzelnen Stationen sich ergebenden Unterschiede anhand visueller Pilotmessungen nicht ausgeführt werden, und die die mitgeteilten Feststellungen übersteigenden Folgerungen wären also nicht begründet.

Die angeführte und auf ungarisches Material gestützte Bearbeitung ist keineswegs hinreichend um die windrichtungbeeinflussende Wirkung der Alpen und der Karpaten klarzustellen. Weitere Untersuchungen sind mit einem Netz von zweckmäßig ausgewählten Pilotstationen in bezug sowohl auf die Richtung wie auf die Geschwindigkeit des Windes durchzuführen. Dazu ist eine enge Zusammenarbeit jener Länder erforderlich, die im Raum der Karpaten und der Alpen liegen.

#### LITERATUR

- [1] TÓTH, G.: Az Északi Kárpátok védő és eltérítő hatása az északi szelekkel szemben (Einfluß der Nördlichen Karpaten auf die Luftströmung bei Nordwinden). *Időjárás*, 37, 69–73 (1933).
- [2] PÉCZELY, Gy.: A Kárpátok védőhatása északkeleti hidegbetörés esetén (Der Schutzeffekt der Karpaten im Falle nordöstlicher Kälteeinbrüche). *Időjárás*, 64, 28–32 (1960).
- [3] PÁPAI, G.: Légáramlás Magyarországon északi és déli irányítású makroszinoptikus helyzetekben (Strömungsverhältnisse in Ungarn bei Großwetterlagen mit nördlicher und südlicher Steuerung). *Időjárás*, 65, 93–98 (1961).
- [4] SCHERHAG, R.: Wetteranalyse und Wetterprognose. Berlin 1948.
- [5] ALT, E.: Klimakunde von Mittel- und Südeuropa. Köppen—Geiger: Handbuch der Klimatologie. Berlin 1932.
- [6] BACSÓ, N.: Magyarország éghajlata (Das Klima von Ungarn). Budapest 1959.
- [7] PÉCZELY, Gy.: Áramlási viszonyok Magyarországon különböző makroszinoptikus helyzetekben (Strömungsverhältnisse in Ungarn bei verschiedenen Großwetterlagen). *Időjárás*, 61, 408–419 (1957).
- [8] LINKE's Meteorologisches Taschenbuch. Neuauflage II. 691, Leipzig 1953.
- [9] BÉLL, B.: A szélirány és a hőmérséklet kapcsolata Budapest légterében (Zusammenhang der Windrichtung und der Temperatur im Luftraum von Budapest). *Időjárás*, 64, 356–365 (1960).

## DISKUSSION

*F. Steinhäuser* : Es ist sehr erfreulich, daß hier in Ungarn die Höhenwindmessungen der einzelnen Stationen so eingehend bearbeitet worden sind, daß auch der Einfluß der orographischen Faktoren zur Darstellung gebracht werden konnte. In Ergänzung dazu möchte ich mitteilen, daß ich vor kurzem auch die orographische Beeinflussung der Wiener Höhenwinde untersucht und darüber auf der meteorologischen Tagung in Rauris berichtet habe. Als Vergleichswerte wurden dabei die Höhenwindmessungen über München in Betracht gezogen.

Die Einflüsse der Alpen auf die Höhenwinde über Wien äußern sich in folgendem:

1. Während in München bereits vom Boden an in allen Höhen die Winde vorwiegend aus westlichen und in den unteren Schichten auch aus östlichen Richtungen kommen, erscheint in Wien als Einfluß der Alpenausläufer das Windsystem in den unteren Schichten bis 3000 m Höhe in dem Sinne gedreht, daß dort Winde aus nordwestlichen Richtungen einerseits und aus südöstlichen bis süd-südöstlichen Richtungen andererseits vorherrschen. Erst oberhalb 3000 m Höhe gleicht sich das Windsystem über Wien an das über München herrschende an.

2. Als zweite bemerkenswerte Erscheinung zeigt sich in Wien in vielen Monaten ein auffallendes Maximum im skalaren Mittel der Windgeschwindigkeit in 1000 bis 1500 m Höhe. Vom Boden aus nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe in Wien viel rascher zu als in München, darüber aber zum Teil vorübergehend sogar wieder ab, um in 2500 bis 3000 m Höhe sich an die Windgeschwindigkeit über München anzugleichen. Diese Windverstärkung über der Kammhöhe des Wienerwaldes ist vermutlich auf eine Verstärkung der vorherrschenden westlichen Winde durch die Verengung des Strömungsraumes beim Überwehen des Gebirges zurückzuführen.

3. Aus der Darstellung der resultierenden Windvektoren in den verschiedenen Höhenstufen über Wien ist ersichtlich, daß die durch das Gebirge verursachte Störungsschicht unterteilt ist in einen Abschnitt bis 500 m Höhe mit vorherrschender Luftversetzung aus West, der lokal bedingt ist, worauf nach einer sprunghaften Drehung die resultierende Luftversetzung in einer Schicht bis 3000 m Höhe vorwiegend aus Nordwest kommt und erst darüber wieder eine allmähliche Rückdrehung auf eine resultierende Luftversetzung aus West erfolgt und eine Angleichung an die resultierende Luftversetzung über München in 3000 bis 5000 m Höhe erreicht wird.

Diskussionsbeiträge lieferten noch: M. ČADEŽ und W. BÖER.

## A DOMBORZAT SZÉLIRÁNYMÓDOSÍTÓ HATÁSÁNAK VÁLTOZÁSA A MAGASSÁGGAL

### Összefoglalás

A talajon és a szabadlégtér alsó rétegében a szélirányok gyakorisága jellegzetes anomáliákat mutat, amelyek kapcsolatba hozhatók az észlelő állomás környezetének orografikus viszonyaival. A feldolgozás bemutatja a domborzat hatásának függélyesmenti változását a pestlőrinci Observatórium rádióteodolitos mérései alapján, majd a rádióteodolitos és a vizuális pilotmérések eredményeinek összehasonlítása után ismerteti 6 magyarországi pilotállomás széliránygyakoriságainak jellegzetes, a domborzatra visszavezethető anomáliáit.

1. ábra. A közepes termobárikus mező Európa fölött (SCHERHAG nyomán)
2. ábra. Közepes áramvonalak Európa fölött (ALT nyomán)
3. ábra. Az évi uralkodó szél iránya Magyarországon (10 évi átlag)
4. ábra. A szélirányok gyakorisága Budapest fölött
5. ábra. A szélirányok gyakorisága Budapest fölött RAWIN- és pilot-szelmérések alapján
6. ábra. A szélirányok gyakorisága Magyarország pilotállomásain
7. ábra. Orografikus profil és a szélirányok gyakorisága Szombathely fölött

## VARIATION WITH HEIGHT OF THE OROGRAPHICAL MODIFICATION OF WIND DIRECTIONS

### S u m m a r y

Frequencies of wind directions on the ground and at higher levels contain some characteristic anomalies, that are to be explained by orographical conditions in the vicinity of the observation station. Variation of this phenomenon with height is studied on the basis of wind measurements by radiotheodolite carried out in the observatory at Pestlőrinc. This is followed by a comparison between the results of upper wind measurements by means of radiotheodolite and by visual methods, from which characteristic features of the frequency distribution of wind directions at six Hungarian upper wind stations are deduced, the anomalies of which could be attributed to orographical influences.

*Fig. 1.* Mean thermobaric field over Europe (after SCHERHAG)

*Fig. 2.* Mean streamlines over Europe (after ALT)

*Fig. 3.* Direction of the yearly predominant wind in Hungary (ten years' mean)

*Fig. 4.* Frequency of wind directions over Budapest

*Fig. 5.* Frequency of wind directions over Budapest on the basis of RAWIN and Pilot wind measurements

*Fig. 6.* Frequency of wind directions at the pilot stations of Hungary

*Fig. 7.* Orographic profile, and frequency of wind directions over Szombathely