

Die tägliche Druckvariation über Mitteleuropa im Sommer

Von R. SCHERHAG, *Institut für Geophysik der Freien Universität Berlin, Berlin*

(Manuscript received March 28, 1966)

ABSTRACT

The daily pressure variation having occurred in June 1964 is investigated more in detail. By means of the harmonic analysis of 170 synoptic stations of Central Europe it has become obvious that the phasis of the second harmonics related to local times in this month of unusually small pressure difference is independent from longitude and in the normal way decreases from south to north. Furthermore, the mean local time of the phases shows a time difference compared with the results gained by Bartels 40 years ago of 19 minutes being explained by the fact that the pressure observations of the synoptic stations are made so many minutes earlier than the exact observation time. This thesis is substantiated by the fact that in Berlin, where the pressure readings are made 15 minutes before the observation time, the harmonic analysis results in a phase difference of 14 minutes. The phasis of the first harmonics shows lowest values of the amplitude extending from Belgium to an amphidromy situated over northern Denmark and separating regions of strong daily pressure variations over central Germany and over the North Sea. The highest pressure values are observed in the late afternoon over the North Sea and in the early morning over central Europe, whereas the lowest values are measured in the early morning along the German coasts of the North Sea and in the late afternoon in the interior of the land-covered area of central Europe. It is not only the isolated valleys of the Alpine mountains but the region of the upper Main and Elbe rivers too where the daily amplitude is fairly great, whereas it is lower over central Bavaria.

Unter den vielen Verdiensten, die sich die „Bergener Meteorologenschule“ um die Entwicklung der Synoptik erworben hat, dürfte die Einführung der korrekten und trotzdem generalisierenden Isobarenzeichnung nicht gering zu werten sein. Es wurde durch die neue Methode der Wetteranalyse geradezu eine Epoche abgeschlossen, die zunehmenden Gefallen daran fand, die Isobaren möglichst stark zu schlängeln. Dabei wurden falsche Druckbeobachtungen meistens gar nicht erkannt. Leider ergibt eine Nachprüfung der Genauigkeit moderner Luftdruckangaben, daß es damit noch nicht viel besser steht. Die Klimatologen bringen den Luftdruckmessungen noch immer kein rechtes Interesse entgegen, in erster Linie wohl deshalb, weil noch kein einheitliches und zweckentsprechendes Reduktionsverfahren entwickelt worden ist. Detailuntersuchungen über die Variationen von Druckfeldern sind deshalb auch heutzutage nur schwer möglich. Trotzdem soll im folgenden der Versuch unternommen werden, die tägliche Druckvariation über Mitteleuropa im Sommer etwas genauer zu unter-

suchen. Zu diesem Zweck wurde der Juni 1964 herausgesucht. In diesem Monat waren die mittleren Druckunterschiede vor allem über Deutschland so gering, daß die mittleren Vektorwinde in Berlin nach der Zusammenstellung in der Berliner Wetterkarte im Laufe des Tages ihre Richtung um nahezu 180° änderten.

Bevor die Druckkarten für die einzelnen Termine — von denen hier nur zwei abgedruckt werden — gezeichnet werden konnten, mußte zunächst versucht werden, die systematischen Druckabweichungen zu eliminieren. Dies geschah durch Vergleich der Einzelwerte von allen acht synoptischen Terminen, und nur, wenn sich für diese die gleichen Unterschiede zu den Nachbarstationen herausstellten, wurden entsprechende Korrekturen angebracht. Diese sind in Tab. 1 zusammengestellt, wobei bemerkt werden muß, daß es nach Anbringung dieser Korrekturen ohne Schwierigkeiten möglich war, die einzelnen Karten zu zeichnen.

In Abb. 1 ist die mittlere Druckverteilung für den 6-Uhr-Termin dargestellt. Der höchste Druck befindet sich am Nordrand der Alpen,



ABB. 1



ABB. 2



ABB. 3

ABB. 1. Mittlere auf NN reduzierte Luftdruckverteilung im Juni 1964, 6 Uhr G.M.T.

ABB. 2. Mittlere auf NN reduzierte Luftdruckverteilung im Juni 1964, 15 Uhr G.M.T.

ABB. 3. Mittlere Luftdruckänderung von 6 bis 15 Uhr G.M.T. im Juni 1964.

TABELLE 1. Druckkorrekturen im Juni 1964.

Kennziffer	Station	Korrektur in mb
10 006	Feuerschiff Fehmarnbelt	- 0.8
10 526	Marienberg	+ 0.7
<i>Alle dänischen Stationen mit Ausnahme von Hanstholm</i>		+ 0.6
10 449	Leinefelde	- 0.6
10 532	Gießen	+ 0.6
10 671	Coburg	- 0.6
10 704	Berus	+ 0.6
10 875	Mühl Dorf	- 0.6
06 021	Hanstholm	- 0.5
10 020	List	- 0.5
10 045	Kiel	+ 0.5
10 129	Bremerhaven	+ 0.5
06 590	Luxembourg	+ 0.4
10 305	Lingen	- 0.4
10 359	Gardelegen	- 0.4
10 317	Osnabrück	- 0.4
10 400	Düsseldorf	- 0.4
10 406	Bocholt	- 0.4
10 410	Essen	- 0.4
10 479	Collmburg	+ 0.4
10 569	Plauen	- 0.4
10 609	Trier	- 0.4
10 639	Darmstadt	+ 0.4
10 706	Tholey	- 0.4
10 893	Passau	+ 0.4
16 090	Verona	- 0.4
06 280	Eelde	- 0.3
10 043	Falshöft	- 0.3
10 147	Hamburg	- 0.3
10 253	Lüchow	+ 0.3
10 542	Bad Hersfeld	- 0.3
10 554	Erfurt	- 0.3
10 852	Augsburg	+ 0.3
10 131	Cuxhaven	- 0.2
10 224	Bremen	- 0.2
10 384	Berlin-Tempelhof	+ 0.2
10 577	Karl-Marx-Stadt	- 0.2
10 685	Hof	+ 0.2
10 270	Neuruppin	+ 0.1

von wo der Druck sowohl zum Nord- und Ostseegebiet als auch zum Mittelmeer hin ziemlich gleichmäßig abnimmt, wobei erwähnt sei, daß die Verhältnisse zum 0- und 3-Uhr-Termin nicht wesentlich von der hier reproduzierten Karte abweichen. Der mittlere Vektorwind dieses Termins betrug in Berlin 173° 0.8 Knoten, drehte bis zum 900-mb-Niveau auf die mittlere Isobarenrichtung von 250° 7 Knoten und verharnte zwischen 700 und 200 mb bei 230° . Dementsprechend drehte der mittlere Bodenwindvektor mit zunehmender Turbulenz bereits um 9 Uhr nach 234° 1.6 Knoten und nahm bis 13 Uhr auf 236° 2.7 Knoten zu. Bis 16 Uhr

erfolgte eine weitere Rechtsdrehung auf 245° 2.9 Knoten, die unter der Wirkung des Austausch im Mittel vom tieferen zum höheren Druck gerichtet war.

Die mittlere Drucksituation zu diesem 15-Uhr-Termin zeigt Abb. 2. Die allgemeine Luftdruckverteilung ist der vom Morgen nahezu entgegengesetzt. Der tiefe Druck befindet sich nun über den Alpen, wo die auf NN reduzierten Barometerstände in den durch ihre großen täglichen Druckschwankungen bekannten Orte Bozen und Sion nur bei 1012 mb liegen, während über der Nord- und Ostsee Werte über 1015 mb und über dem Mittelmeer und der Adria über 1014 mb gemessen werden. Eine deutliche Rinne tiefen Luftdrucks entwickelt sich von Jütland bis nach Bayern.

Die von 6 bis 15 Uhr tatsächlich eingetretenen mittleren und in der üblichen Weise vom monatlichen Trend befreiten, an der Erdoberfläche eingetretenen Druckänderungen enthält Abb. 3. In diesem ruhigen und durch starke Sonneneinstrahlung ausgezeichneten Monat erreichte die tägliche Druckschwankung in den tief eingeschnittenen Alpentälern nahezu 4 mb. Außerdem ist die tägliche Druckschwankung aber auch im Maingebiet mit etwa 2 mb recht groß, eine Tatsache, die mir schon während meiner Tätigkeit in Bad Kissingen aufgefallen war. Über dem Golf von Genua, der Adria und der Ostsee erfolgt im Laufe des Tages geringer, über der Nordsee sogar stärkerer Anstieg von etwa 1 mb, während über den Alpen Fall von mehr als 3 mb einsetzte, wobei noch erwähnt werden muß, daß sich die Darstellung ausschließlich auf die Tallagen bezieht und alle höher gelegenen Stationen deshalb nicht berücksichtigt wurden.

Um einen schnellen Überblick über die geographische Verteilung des täglichen Druckganges zu ermöglichen, wurde für 170 Stationen des mitteleuropäischen Gebietes die harmonische Analyse durchgeführt. Abb. 4 enthält zunächst die Amplitude der halbtägigen Welle. Diese nimmt in guter Übereinstimmung mit der Erwartung durchweg von Süden nach Norden von 0.53 mb in Venedig auf nahezu 0.1 mb am Skagerrak ab, wobei sich die Werte benachbarter Stationen im allgemeinen nur um einige Hundertstel mb unterscheiden. Daß die auf jeweilige Ortszeit bezogene Phase der Doppelwelle überhaupt keine Längen-, sondern nur eine geringe Breitenabhängigkeit aufweist, in-

dem sie nördlich von 55° N etwa 20 Minuten später eintritt als weiter im Süden, spricht für die Zuverlässigkeit der verwendeten Beobachtungen. Dabei besteht aber eine eindeutige Verschiebung der Phase im Vergleich zu früheren Untersuchungen. Als mittlere Eintrittszeit des Maximums der Doppelwelle aller 170 Stationen ergibt sich nämlich 10 Uhr 48 mittlerer Ortszeit und damit ein gegenüber dem seinerzeit von Julius Bartels aus einem 20jährigen Beobachtungsmaterial für den gleichen Monat Juni für Potsdam berechneten Zeitpunkt von 10 Uhr 29 ein um 19 Minuten späterer Termin. Dies wird darauf zurückgeführt, daß die Ablesung der Barometerstände an den synoptischen Stationen im Mittel um diese 19 Minuten vor den vorgeschriebenen Terminen erfolgt, eine Schlußfolgerung, die dadurch eindrucksvoll bestätigt wird, daß sich für unser Institut, wo die Beobachtung 15 Minuten vor dem Termin durchgeführt wird, nach der Harmonischen Analyse eine tatsächliche Beobachtungszeit von 14 Minuten vor dem Termin ergibt.

Nachdem damit einerseits die Zuverlässigkeit des benutzten Beobachtungsmaterials und zu-



ABB. 4. Amplitude der halbtägigen Druckwelle im Juni 1964.

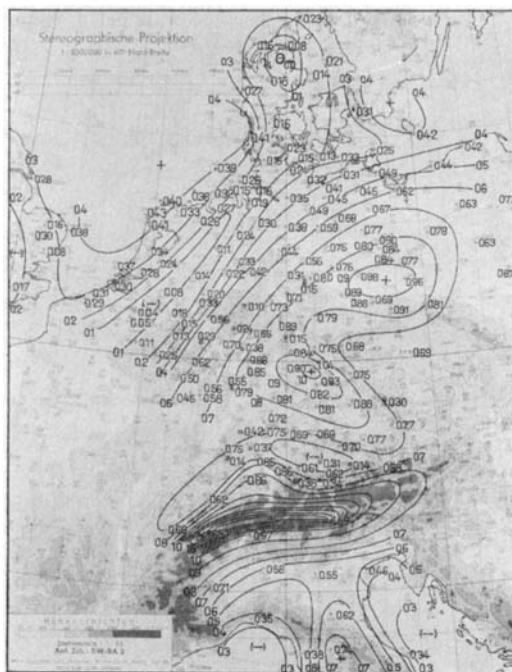


ABB. 5



АВВ. 6

Abb. 5. Amplitude der ganztägigen Druckwelle im Juni 1964.

Abb. 6. Eintritt des Maximums der ganztägigen Druckwelle nach Ortszeit im Juni 1964.



ABB. 7

ABB. 7. Mittlere dreistündige Druckänderung von 3-6^h G.M.T. im Juni 1964.

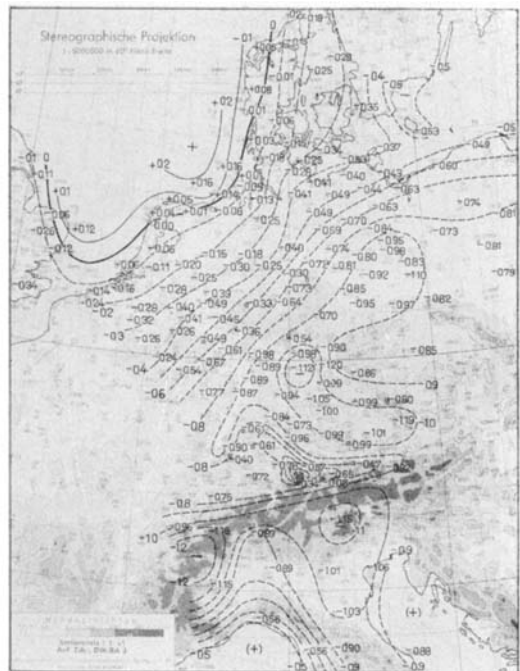


ABB. 8

ABB. 8. Mittlere dreistündige Druckänderung von 6-9^h G.M.T. im Juni 1964.



ABB. 9

ABB. 9. Mittlere dreistündige Druckänderung von 9-12^h G.M.T. im Juni 1964.



ABB. 10

ABB. 10. Mittlere dreistündige Druckänderung von 12-15^h G.M.T. im Juni 1964.

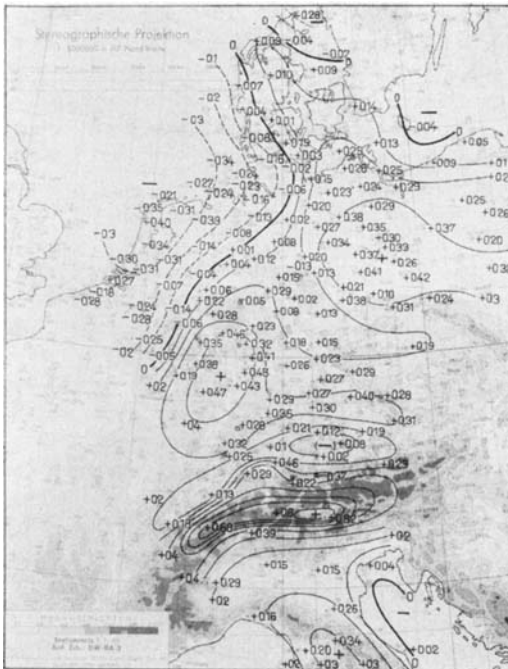


ABB. 11

ABB. 11. Mittlere dreistündige Druckänderung von 15–18^h G.M.T. im Juni 1964.



ABB. 12

ABB. 12. Mittlere dreistündige Druckänderung von 18–21^h G.M.T. im Juni 1964.



ABB. 13

ABB. 13. Mittlere dreistündige Druckänderung von 21–0^h G.M.T. im Juni 1964.



ABB. 14

ABB. 14. Mittlere dreistündige Druckänderung von 0–3^h G.M.T. im Juni 1964.

gleich ein annähernd normales Verhalten der täglichen Druckvariationen im Juni 1964 bewiesen worden ist, soll nun die Verteilung der ersten Harmonischen behandelt werden. Diese Welle hat Knotenpunkte in Jütland und Belgien, wo die Amplitude (Abb. 5) verschwindet. Außer der Zone größter täglicher Druckschwankung über den Alpen sind sekundäre Maxima im oberen Main- und Elbegebiet zu erkennen. Die relativ geringen Amplituden über Oberbayern werden als Kompensationseffekt zu der starken Schwankung in den inneren Alpentälern angesehen. Über der Nord- und Ostsee beträgt die tägliche Schwankung beinahe 1 mb. Sie verläuft mit entgegengesetzter Phase.

Die Eintrittszeiten der Maxima der 24stündigen Druckschwankung sind in Abb. 6 angegeben. Es zeigt sich eine deutliche Wanderung in entgegengesetzter Richtung wie die Sonne. Das Druckmaximum tritt an der Nordseeküste in den Abendstunden, im weiteren Binnenland in den frühen Morgenstunden auf. Das Minimum passiert die Deutsche Bucht zwischen 7 und 10 Uhr mitteleuropäischer Zeit. Dies ist nach eigenen Erfahrungen die Zeit häufigster Frontpassagen, die sich in Berlin auf 18 Uhr nachmittags verschiebt. Die einzelnen Karten der Druckänderungen zwischen den 3stündigen Terminen zeigen die Luftdruckschaukel zwischen den Land- und Seegebieten natürlich noch deutlicher als die mathematische Zerlegung der Welle. Von 4 bis 7 Uhr M.E.Z. (Abb. 7) tritt der stärkste Druckfall von -0.19 mb über Sylt, Anstieg von etwa 0.6 mb über dem weiteren Binnenland auf. Von 7 bis 10 Uhr (Abb. 8) nimmt der Luftdruck in den Alpentälern und in der weiteren Umgebung des Harzes sowie über dem Apennin bereits ab, steigt dagegen über allen Meeresgebieten um etwa 0.5 mb und auch zu beiden Seiten der Alpen noch um etwa 0.4 mb. Von 10 bis 13 Uhr (Abb. 9) setzt sich der starke Anstieg nur noch über der Nordsee fort, der stärkste Fall erfolgt im Abstand von etwa 200 bis 400 km von der Küste. Zwischen 13 und 16 Uhr (Abb. 10) erfolgt im Maingebiet ebenso wie in den inneren Alpentälern und am Alpensüdrand eine noch verstärkte Druckabnahme von teilweise mehr als 1 mb, während

der Druck über der freien Nordsee noch steigt, was zu der schon erwähnten völligen Umkehr der Druckgradienten führt. Von 16 bis 19 Uhr (Abb. 11) beginnt Druckfall über allen Seegebieten, während der Druck nur über Norddeutschland und in den Alpen bereits wieder zunimmt. Von 19 bis 22 Uhr (Abb. 12) beträgt die Druckerhöhung in den inneren Alpentälern beinahe 2 und auch in den Mittelgebirgen vielfach mehr als 1 mb. Auch über der Deutschen Bucht steigt der Luftdruck, fällt aber weit draußen auf See. Von 22 bis 1 Uhr (Abb. 13) setzt sich der Druckanstieg im Binnenland fort, während jetzt vor allem über der Deutschen Bucht eine Gesamtabnahme von mehr als 1 mb einsetzt und dort häufige Niederschläge oder Gewitter auftreten.

Diese Skizze behandelt zwar nur einen Monat und ein verhältnismäßig kleines Gebiet, trotzdem ergibt sich bereits eindeutig, daß sich der Einfluß der Nord- und Ostsee sehr weit binnenlandwärts erstreckt, während von der Entwicklung der küstennahen Seewindfront nichts zu erkennen ist. Dies mag damit zusammenhängen, daß sich der Wirkungsbereich des im Juni wesentlich kälteren Nordseewassers weit über die Küstenzone hinaus erstreckt und hier in einer echten Front in Erscheinung tritt, die im Mittel etwa 500 km binnenlandwärts etwa in der Achse des stärksten Druckfalls verläuft, der sich gemäß Abb. 3 vom Bodenseegebiet über den unteren Main zum südlichen Brandenburg erstreckt und dann nach Osten abbiegt. Letzten Endes sind es also auch hier die Fronten, die das Wettergeschehen bestimmen!

Für die mathematische Berechnung bin ich dem Sektor Mathematik des Hahn-Meitner-Instituts in Berlin-Wannsee zu Dank verpflichtet. Bei der Aufbereitung des Materials unterstützten mich die Studenten Maurizio Fea, Frl. Regina Rothhardt, Frl. Gunild Schenck und H. Windfuhr sowie die Wetterdiensttechnikerinnen Frl. Goewe und Frau Wittwer; einen Teil der wissenschaftlichen Arbeit nahmen mir Herr Dr. Clauß und Dipl.-Met. E. Mädlow ab. Allen diesen Mitarbeitern möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

REFERENCES

- BARTELS, J., 1927, Über die atmosphärischen Gezeiten. *Veröff. d. Preuß. Meteorol. Instituts Berlin*, 8, Nr. 9.
- Berliner Wetterkarte, Klimatologische Übersicht Juni 1964*. Herausgegeben v. Inst. f. Meteorol. u. Geophys. d. Freien Univ. Berlin, Beilage 78/64.

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ВАРИАЦИИ ДАВЛЕНИЯ НАД СРЕДНЕЙ ЕВРОПОЙ
В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Подборно изучаются суточные флуктуации давления, имевшие место в июне 1964 г. С помощью гармонического анализа результатов наблюдений на 170 синоптических станциях центральной Европы удалось установить, что для этого месяца, когда разности давлений были необычно малы, фазы второй гармоники, отнесенные к местному времени, не зависят от долготы и, как правило, убывают к северу. Кроме того, по сравнению с результатами Бартельса, полученными 40 лет назад, обнаружен временной сдвиг фаз, составляющий 19 минут. Этот сдвиг можно объяснить тем, что измерения давления на синоптических станциях производятся примерно на 19 минут раньше точного срока. Это предположение подтверждается тем, что в Берлине, где измерения давления произво-

дятся на 15 минут раньше срока наблюдения, гармонический анализ позволил обнаружить разницу в фазах, равную 14 минутам. Анализ фаз первых гармоник позволяет выявить область низкого давления, простирающуюся от Бельгии до амфидромической точки, расположенной на севере Дании, а также области значительных суточных флуктуаций над центральной Германией и над Северным морем. Самое высокое давление зарегистрировано в предвечерние часы над Северным морем и в ранние утренние часы над внутренними районами центральной Европы. Над изолированными долинами Альп, а также над районами, расположенными в верховьях Майна и Эльбы, амплитуды суточных колебаний весьма велики; они меньше над центральной Баварией.