

ner unterrichtet, rechtfertigen es, daß über der ästhetischen Würdigung die sachlich-wissenschaftliche nicht vergessen wird. Als eine der frühesten deutschen Spezialkarten verdient es die Preußen-

karte des Heinrich Zell, nicht nur nach der Schönheit ihrer Ausführung, sondern auch ihrem geographischen Inhalt nach als ein Werk anerkannt zu werden, das auf der Höhe seiner Zeit stand.

ZUR REKONSTRUKTION DER SPÄTGLAZIALEN LUFTDRUCKVERHÄLTNISSE IN MITTEL- UND WESTEUROPA AUF GRUND DER VORZEITLICHEN BINNENDÜNEN¹⁾

H. Poser

Mit 1 Abbildung

Eine Rekonstruktion der spätglazialen Klimaverhältnisse Mitteleuropas kann, wie früher einmal näher dargetan (11), mit bestem Erfolg ausgehen von den vorzeitlichen Binnendünen. Unter allen sonst noch für diesen Zeitraum in Frage kommenden, klimatologisch auswertbaren Vorzeitformen haben sie den Vorzug, daß sie über weiten Raum eine methodisch einheitliche Erschließung und kartographische Fixierung eines bestimmten Klimatelementes gestatten und sich außerdem auch sicher datieren lassen. Gewonnen werden aus ihnen in primärer Schlußfolgerung die Richtungen der einstigen Dünenwinde und die sich in diesen widerspiegelnde frühere Luftdruckverteilung. Dünenwinde und Luftdruckverteilung werden damit zwangsläufig zugleich Ausgangspunkt und Rahmen für weitere Schlußfolgerungen, erhalten Grundlagenbedeutung und müssen demzufolge auch Ergebnisse von besonderer Zuverlässigkeit sein. Seit meinem ersten Versuch, aus den Dünen das spätglaziale Klima zu erschließen, haben sich nun gerade in bezug auf diese Grundlagen neue Gesichtspunkte für ihre sichere Festlegung gewinnen lassen; und es ist Aufgabe des vorliegenden Artikels, darüber zu berichten. Indem er jene früheren Untersuchungen fortsetzt und aus ihnen seine speziellen Fragen ableitet, ist es für das Verständnis der folgenden Abschnitte zweckmäßig, deren Gang und Ergebnis einleitend in Kürze zu wiederholen.

Die damals gestellte Aufgabe, einen ersten Überblick über das spätglaziale Klima zu schaffen, erforderte vorweg eine genaue Datierung der Dünen. Durchgeführt mit morphologischen, geologischen, moorstratigraphischen, pollenanalytischen und prähistorischen Forschungsergebnissen lautete sie dahin, daß die Bildung der großen Flugsand- und Dünenfelder Mitteleuropas im letzten Hochglazial zwar schon begann, im Spätglazial aber erst zur vollen Entfaltung und Vorherrschaft im morphologischen Geschehen gelangte, um dann mit der endgültigen Wiederbewaldung Mitteleuropas zu enden. Das Ergebnis bestätigte das vorher schon von anderen Autoren, wie *Solger* (14, 15), *Grahmann* (8), und *Werth* (16), ausgesprochene vornehmlich spätglaziale Alter der Dünen. Alsdann wurden jene Eigenschaften und Merkmale der Dünen und Dünenfelder herausgearbeitet, die einen verlässlichen Rückschluß auf die Richtung

der einstigen dünenbildenden Winde erlauben. Die mit ihrer Hilfe für eine größere Zahl von Lokalitäten erzielten Ergebnisse wurden in Gestalt von Stationenpunkten mit Windpfeilen in eine Karte eingetragen (Abb. 1.). Diese zeigt, für ganz Mitteleuropa betrachtet, eine fließende Änderung der Windrichtung von West nach Ost: SW- bis W-Wind in Belgien, Holland und Nordwestdeutschland, W- bis NW-Wind im mittleren Norddeutschland, W- bis NW-Wind im östlichen Norddeutschland und Polen, NW- bis N-Wind in Ungarn. Nach Deutung dieser fließenden Änderung als Ausdruck einer antizyklonalen Luft-

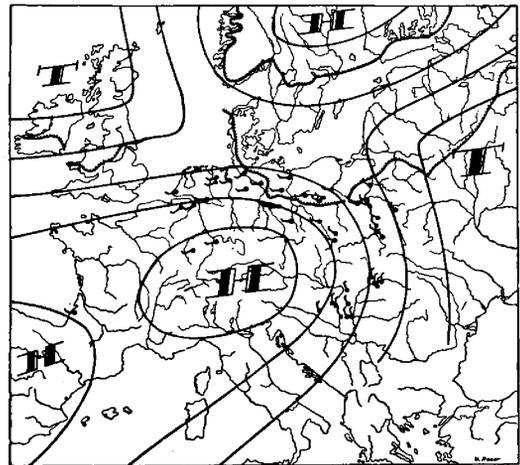


Abb. 1. Wind und Luftdruck im Sommer des Spätglazials

Die Stationskreise geben die Lokalität, die Pfeile die aus den Vorzeitdünen erschlossene Windrichtung an. Die gezähnten Linien kennzeichnen die Eisrandlagen am Anfang und Ende des mitteleuropäischen Spätglazials.

strömung wurden in Anpassung an die Richtungen der Dünenwinde Luftdrucklinien entworfen, die über Mitteleuropa einen hohen Druck als Zunge des Azorenhochs mit einem Kern über dem südlichen Mitteleuropa anzeigen. Unter der Annahme, daß die gefundenen Windrichtungen den damals häufigsten entsprächen, wurde die aus ihnen rekonstruierte Luftdruckverteilung als mittlerer Zustand bezeichnet, und zwar als mittlere Luftdruckverteilung des spätglazia-

¹⁾ Veröffentlichung aus dem „Arbeitskreis für Periglazial-Forschung“ in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

len Sommers, nachdem gewisse Überlegungen keinen Zweifel darüber ließen, daß eine derartige Luftdrucklage nur einer Sommerlage entsprechen haben kann. Erwägungen über die thermischen Verhältnisse in Nordeuropa unter Mitberücksichtigung des dortigen Inlandeises und über die thermischen Verhältnisse der östlichen Kontinentalräume führten unter Beachtung der Richtungen der Dünenwinde zur Komplettierung des Kartenbildes für ganz Europa in der Weise, wie es die hier erneut wiedergegebene, jedoch im atlantischen und mediterranen Bereich nunmehr etwas veränderte Karte zeigt (Abb. 1). In voller Würdigung der klimatischen Eigenschaft dieser Karte (mittlerer Zustand der Atmosphäre) wurde schließlich der allgemeine, d. h. wiederum mittlere Charakter des spätglazialen Sommerklimas abgeleitet, wobei auch Ergebnissen der pollenanalytischen Forschung in Mitteleuropa Rechnung getragen wurde. Einzelheiten hierüber brauchen an dieser Stelle nicht wiederholt zu werden, da auf sie die nachfolgenden Betrachtungen keinen Bezug mehr nehmen.

Wie eingangs gesagt und aus dem soeben gegebenen Resumé noch klarer ersichtlich, werden bei dieser Methode der Klimaerschließung aus den Vorzeitdünen heraus die einstigen Dünenwinde und die durch sie sich anzeigende Luftdruckverteilung zum Fundament für das ganze weitere Klimagebäude. Richtige Erschließung der Dünenwinde nach Richtung und Stärke, richtige kausalgenetische Einordnung der Dünenwinde und richtige Erfassung der sich darin ausdrückenden Luftdruckverteilung bedingen aber erst die Sicherheit dieses Fundamentes. Es ist daher Anliegen gewesen, auf diese Punkte ihrer besonderen Wichtigkeit wegen mit neuen Mitteln noch einmal prüfend und ergänzend einzugehen. Dabei kann verzichtet werden auf nochmalige Feststellung der Richtungen der früheren Dünenwinde, da die selbst erschlossenen und in der Karte verzeichneten sehr gut übereinstimmen mit jenen, die in den einzelnen Dünenregionen von anderen Forschern bestimmt wurden²⁾.

Zur Kennzeichnung der Wichtigkeit des ganzen Problems möge daran erinnert sein, daß wir es im europäischen Spätglazial mit einer Klimaphase zu tun haben, in der sich grundlegende landschaftliche Veränderungen vollzogen: allmählicher Rückgang des würmeiszeitlichen Inlandeises von seinem äußersten Rande bis nach Mittelschweden und Südfinnland, ebenso bedeutender Rückgang der Gebirgsvergletscherung, Schlußakt der Lößablagerung (12), Bildung der großen Flugsand- und Binnendünenfelder, Ausbreitung einer steppenhaften Vegetation in Ablösung der glazialen Tundra usw.

I. Die Stärke der dünenbildenden Winde

Es empfiehlt sich, die Betrachtungen über die Stärke der Dünenwinde voranzustellen, damit die spätere Erörterung der Luftdruckverteilung mit einer in dieser Hinsicht richtigen Vorstellung verbunden bleibt.

Mein erster Versuch, die früheren Windstärken zu bestimmen, war methodisch so angelegt, daß ein Vergleich gezogen wurde zwischen den Korngrößen des

heute bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten transportierten Sandes und den Korngrößen der Dünen- sande. Ältere Windgeschwindigkeits- und Korngrößenmessungen von Sokolow (13), durchgeführt an südrussischen Dünen, gaben die Grundlage ab. Für Norddeutschland führte das Vergleichsverfahren zu dem Ergebnis, daß hier der größte Teil des Dünen- sandes, entsprechend dem Überwiegen kleiner Fraktionen in ihm, schon bei Wind der Mindestwind- stärke 4—5 Beaufort bewegt werden konnte.

Es handelte sich dabei um einen ersten und auch noch etwas umständlichen Versuch; und wie wenig sein Resultat schon ein letztes Wort sein konnte, zeigt die Tatsache, daß wenig später J. Büdel (2 S. 88—90) eine andere, auch auf andern Wege erworbene Ansicht äußern konnte. Diese läuft darauf hinaus, daß Flugsand nur bei kräftigen Stürmen in Bewegung geraten könne; und sie fußt nur auf dieser Feststellung: daß die Richtung der einstigen Dünenwinde genau der Richtung der heute stärksten Winde entspreche und daß diese stärksten Winde heute nie in allen Dünengebieten, wie etwa NW-Deutschland, NO-Deutschland, Polen und Ungarn, gleichzeitig wehen und im Einzelfall an bestimmte Sturmstiefen gebunden sind. Büdel schloß daraus, daß es die Sturm- tiefs waren, die die Dünen bildeten und ehemals wie heute dieselben Bahnen zogen. Gerade diese letzte Schlußfolgerung zeigt, wie wesentlich die Kenntnis der früheren Windstärken auch für die Rekonstruktion der einstigen Luftdruckverhältnisse ist.

Das von Büdel angewendete, zweifellos einfachere Verfahren führt nun allerdings nicht zur gewünschten eindeutigen Klärung. Zieht man die heutigen Wetterkarten oder besser noch die Windtabellen von R. Aßmann (1) zum Vergleich heran, so ergeben sich — von geringfügigen, wenn auch nicht unwichtigen Abweichungen in Schlesien und Polen abgesehen — in der Tat recht gute Übereinstimmungen zwischen den heutigen Sturmrichtungen und den Richtungen der früheren Dünenwinde. Dehnt man aber den Vergleich auch auf andere Windstärken aus, gewissermaßen als Gegenprobe, dann ergibt sich eine noch bessere Übereinstimmung zwischen der Richtung der früheren Dünenwinde und der häufigsten Richtung der heutigen schwachen und mittleren Winde, praktisch der Winde aller Stärken. Diese Übereinstimmung ist im Mittel des ganzen Jahres in Ungarn, in NW-Deutschland und in Teilen NO-Deutschlands vorhanden, kommt aber in diesem nördlichen Gebiet je weiter nach Osten um so besser in den Mitteln des Sommers zum Ausdruck. Das Ergebnis läßt sich für alle Dünengebiete gleichlautend so fassen: der Richtung der einstigen Dünenwinde entspricht die Richtung der heute im Mittel häufigsten Sommerwinde. Diese interessante Feststellung soll in späteren Zusammenhängen nochmals aufgegriffen werden; hier besagt sie, daß wir nicht nur die Stürme, sondern die Sommerwinde jeder Stärke zur Auswahl hätten, sie als Repräsentanten der einstigen Dünenwinde zu deklarieren. Das heißt, daß auf der Basis solcher Korrelationen nicht entschieden werden kann, welche Windstärken nun wirklich für die Dünenbildung maßgeblich waren.

²⁾ Umfangreicher Literaturnachweis in (11).

Dieser Befund veranlaßt mich, bei der eingangs erwähnten umständlicheren Methode zu bleiben. Dabei kommt es zuerst darauf an, die Mindestwindstärke zu ermitteln, die zum Transport von Sandkörnern bestimmter Größe erforderlich ist. Zu Gebote stehen dafür nicht nur die schon früher von mir benutzten einschlägigen Beobachtungen von *Sokolow*, sondern nunmehr auch die besonders lehrreichen Beobachtungen von *D. Carroll* (3) aus der Gegend von Perth in Australien. Eines der darin enthaltenen Ergebnisse ist, daß Sand um so leichter beweglich ist, je häufiger der Wind seine Richtung wechselt und den Sand in seiner oberflächlichen Lagerung locker hält, daß er aber zu seiner Bewegung eine wesentlich höhere Windstärke erfordert, wenn die Richtung konstant war, weil bei konstanter Windrichtung die Sandlagerung gefestigt wird. Für den ersten Fall beobachtete *D. Carroll* den Beginn leichter Sandbewegung bereits bei einer Windgeschwindigkeit von 6,84 miles/h (= 3,0 m/sec); während im zweiten Fall eine Bewegung von Sand bis zur Körnung von 1 mm erst bei einer Windgeschwindigkeit von 13 miles/h (= 5,8 m/sec) eintrat, ohne aber schon eine Bewegung im Sinne eines richtigen Transportes zu werden. Dieser beginnt erst bei einer etwas höheren Windgeschwindigkeit. Sie wird von *D. Carroll* nicht angegeben, läßt sich aber mit Hilfe einer Beobachtung von *Sokolow* ermitteln, nach der der Transport von Sand von 1 mm Korngröße an aufwärts erst bei Windgeschwindigkeiten von 9,8 m/sec an begann. Zwischen diesem für eine schon etwas höhere Korngröße geltenden Wert und dem zuletzt genannten Wert von *Carroll*, also bei ca. 7,8 m/sec, liegt der Mindestwert der Windgeschwindigkeit für den richtigen Transport von Sand bis zur Korngröße von 1 mm innerhalb eines Feldes eines als Folge konstanter Windrichtungen oberflächlich fest gelagerten Sandes. Die angeführten Windgeschwindigkeiten beziehen sich auf Bodennähe. Umgerechnet nach der bereits früher angewandten Methode (11, S. 310) auf 2 m über Boden und ausgedrückt in Beaufortgraden, lauten sie auf Windstärke 3 für den Fall wechselnder Winde und auf Windstärke 6 für den Fall konstanter Windrichtungen. Transport von Sand der Körnung bis zu 1 mm, der selbstverständlich unter jedem Sturm möglich ist, vollzieht sich also — das Ergebnis allgemein ausgedrückt — schon bei mittleren Windstärken. Wieweit sich diese Erfahrung auf die spätglazialen Dünen übertragen läßt, ergibt sich aus der Analyse ihres Materials und ihres Aufbaus.

In meiner mehrfach zitierten Arbeit (11, S. 310) wurde ein Beispiel der Korngrößenverteilung im Dünen sand Norddeutschlands im Mittel aus 10 Analysen angeführt. Danach hatten, zusammengefaßt, die Korngrößen bis 1 mm einen Anteil von 99,3 %. Weitere 0,3 % entfielen auf die Korngrößen 1,0 bis 1,5 mm. Ein anderes Beispiel, ebenfalls als Mittel aus 10 Analysen, aber nur aus den Dünen im Leinetal bei Hannover gewonnen, gab mir vor Jahresfrist Herr Dr. *F. Preul* mit dem Zusatz, daß sich der Dünen sand hier durch sehr grobes Korn auszeichne. Das Beispiel lautet ebenfalls zusammengefaßt auf 96 % Anteil der Körner bis 1 mm und 3 % Anteil der Körner von

1 bis 2 mm. Ergänzend zu beiden Beispielen ist zu sagen, daß unter den größeren Komponenten, wie in den Dünen sanden ziemlich allgemein, auch Steinchen, mitunter solche bis Nußgröße vorkommen. Beide Beispiele stimmen darin überein und sind auch in dieser Hinsicht charakteristisch, daß der Anteil der Korngrößen über 1 mm, der nach den obigen Erfahrungen über die Mindestwindstärke höhere Windstärken zu seinem Transport erfordert, überaus klein ist; während der Anteil der Korngrößen, die auch schon bei mittleren Windstärken hätten bewegt werden können, dagegen absolut überwiegt. Diese Feststellung ist aber noch kein Beweis dafür, daß die mittleren Windstärken auch wirklich die größere Bedeutung für die Dünenbildung gehabt hätten; denn es könnten ja die Dünen dennoch ausschließlich durch Stürme gebildet worden sein, indem die Ursache für das Mißverhältnis zwischen Fein und Grob ihres Materials nicht bei den Winden, sondern in einem Mangel an größerem Material in den Herkunftsgebieten des Dünen sandes gelegen haben könnte. Doch das wäre eine Deutung des gekennzeichneten Mißverhältnisses, die wohl lokal mal zutreffen mag, im großen und ganzen aber unwahrscheinlich ist, da es in den Auswehungsräumen, d. h. in den Schwemmschuttfluren der breiten Flußtäler, die die Dünen begleiten, und in den diluvialen Lockermassen Norddeutschlands und Polens kaum an grobem Material fehlte. Dennoch macht es diese Analyse nur erst wahrscheinlich, daß die mittelstarken Winde für die Dünenbildung wichtiger waren als die Stürme.

Noch einen Schritt weiter führt eine Betrachtung der Lagerungsverhältnisse in den Dünen. Dabei muß abgesehen werden von den oberflächlichen Teilen der Dünen, weil in ihnen die ursprüngliche Struktur durch Wurzeln, Wühltiere, Verwitterung usw. meist nachträglich verändert ist. In allen übrigen Partien finden sich nun beachtlicher Weise die größeren Komponenten praktisch nie regellos verteilt, sondern immer in lagenweiser Anreicherung, und zwar besonders gut erkennbar dann, wenn es sich um Steinchen oder Steine handelt. Ich selbst kenne diese Verhältnisse an den mir in Norddeutschland bekannten Dünen gar nicht anders und finde die gleiche Beobachtung auch von anderen Autoren ausgesprochen, so durch *O. Wilckens* (17) für Dünen des Rheintales, oder durch *F. Preul*, der in einer briefl. Mitteilung (23. 10. 48) von schichtigen Kieseleinlagerungen in den Leinetaldünen spricht. Dieses schichtige oder lagenweise Auftreten der groben Komponenten ist ein eindeutiger Beweis für stattgehabten Wechsel der Windstärken. Die meist geringmächtigeren und seltenen groben Lagen sind der Ausdruck für die Wirkung stärkerer Winde, die weit mächtigeren Lagen feineren Materials der Ausdruck für die Wirkung vergleichsweise schwächerer Winde; d. h. neben Stürmen waren Winde geringerer Stärke an der Dünenbildung hauptsächlich beteiligt.

Nach dieser Feststellung gewinnt nun aber auch unter gleichzeitiger Berücksichtigung der grobmaterialreichen Herkunftsgebiete der Dünen sande die Korngrößenverteilung Beweiskraft, nämlich dafür, daß, entsprechend dem mindestens 96prozentigen Anteil der Körner bis 1 mm am Dünen sand, die vergleichs-

weise schwächeren Winde eine wesentlich größere Häufigkeit und im ganzen gesehen eine wesentlich größere Bedeutung für die Dünenbildung hatten als Stürme. Letztere mögen im Einzelfall eine beachtliche Wirkung gehabt haben; im ganzen spielten sie nur eine Nebenrolle. Wir dürfen nach all den gewonnenen Einsichten auf Grund der prozentischen Mengenverhältnisse in der Korngrößenverteilung sogar vermuten, daß die Stürme und stürmischen Winde im Spätglazial nicht häufiger waren als heute, wo beispielsweise die prozentische Häufigkeit aller Winde über Windstärke 7, auch die hinzugerechnet, die nicht in Dünenwindrichtung liegen, in NW-Deutschland nur 1,7%, in NO-Deutschland nur 1,8% beträgt (berechnet nach Tabellen von *Aßmann*).

Die bisherigen Ergebnisse erlauben es, im Schlußurteil nunmehr auch ohne Bedenken die oben nach *Sokolow* und *Carroll* errechneten Mindestwindstärken für Sandtransport und Dünenbildung auf die spätglazialen Verhältnisse ganz konkret zu übertragen. Danach begann oder lebte die Dünenbildung je nach Wetterlage und Bodenbeschaffenheit auf entweder mit Windstärke 3 Bft bei vorher wechselnden Windrichtungen oder mit Windstärke 6 bei vorher konstanten Windrichtungen. Beide Fälle werden auch im Spätglazial vorgekommen sein. Nun ist es aber schon aus praktischen Gründen wünschenswert, neben diesen beiden Extremwerten noch einen möglichst angenäherten Mittelwert zu haben. Er wird nicht gerade das arithmetische Mittel zwischen den Extremwerten gewesen sein, sondern, entsprechend den später zu erörternden Hinweisen auf ziemlich konstante Windrichtungen in den Dünengebieten, ein Zwischenwert, der dem höheren Extremwert angenähert war, etwa Windstärke 5. Das ist derselbe Wert, den ich auf schmalere Basis schon früher bestimmte (11, S. 310). Er soll die Extremwerte nicht ersetzen, sondern nur Überblickbetrachtungen erleichtern.

II. Das System der Dünenwinde

Wie einleitend ausgeführt, setzt die Rekonstruktion der Luftdruckverteilung und ihre kartographische Darstellung nach Art der Abb. 1 in Anlehnung an die Richtung der Dünenwinde ein richtiges Urteil in bezug auf die kausalgenetische Stellung der Dünenwinde voraus. Die Behandlung der Windstärken hat auch für diesen Punkt bereits einen Befund gezeitigt, nämlich den, daß die Dünenwinde nicht aus wandernden Sturmtiefs hervorgingen. Dies Ergebnis schließt aber nicht zugleich auch die Möglichkeit aus, daß die Dünenwinde mit weniger tiefen wandernden Depressionen zusammengehängen haben könnten. Neben diese Möglichkeit stellt sich die andere, daß die Dünenwinde, entsprechend ihrer antizyklonalen Anordnung, auch im kausalen Sinne eine antizyklonale Luftströmung darstellten, also aus einem Mitteleuropa überdeckenden Hoch hervorgingen.

Eine Entscheidung dieser Frage wird sich wohl immer nur auf Wahrscheinlichkeitsbeweise stützen können. Soweit es sich übersehen läßt, scheint sie im Augenblick auf zwei Wegen möglich zu sein, die

kurz als der morphologisch-klimatologische und der meteorologisch-klimatologische bezeichnet werden können.

Der erste Weg knüpft an die Dünen und Dünenfelder, ihre Beschaffenheit und Deutung an. Es ist hinlänglich bekannt und braucht im Detail nicht ausgeführt zu werden, daß in den großen norddeutschen, besonders nordostdeutschen und polnischen Dünenfeldern die Bogendünen, in den ungarischen Gebieten die Strichdünen — man könnte fast sagen mit Ausschließlichkeit — die Charakterform abgeben. Beide Formentypen sind innerhalb ihrer Dominanzbereiche von betont einheitlichem Bau und verleihen durch ihre Dominanz und einseitige Vergesellschaftung von typengleichen Individuen zu Gruppen — enge Verschachtelung der Bogendünen von z. T. wellenförmigem Aussehen in den einen Gebieten, große Dichte und strenge Parallelität von Strichdünen in den andern Gebieten — auch den Dünenfeldern einen ebenso einheitlichen Ausdruck³⁾. Es liegt darin eine Gleichheit des Prinzips, wie sie nur solchen rezenten Dünengebieten eigen ist, deren Formung allein von einer wirksamen und konstanten Windrichtung beherrscht wird. Vergitterungen verschiedener Dünensysteme, wie sie in rezenten Dünengebieten obwalten, die sich unter dem Einfluß jahreszeitlich wechselnder Winde befinden, ebenso kompliziertere Bauweise und kompliziertere Vergesellschaftung verschiedener Formen und Formenrichtungen, wie sie aus häufigerem Windwechsel resultieren, fehlen in den mitteleuropäischen Dünengebieten. Die einheitliche Beschaffenheit der Dünen und Dünenfelder läßt sich also nicht mit auffrischenden und wechselnden Winden in Einklang bringen, wie sie wandernden Depressionen eigen sind, sondern drängt auf eine Deutung durch sehr konstante Winde. Die Einheitlichkeit der für die einzelnen Dünengebiete erschlossenen Windrichtungen, d. h. das Nichtvorhandensein verschiedener Dünenwindrichtungen in ein und derselben Region, steht damit in Übereinstimmung. So führt dieser Weg, wie ich auch früher schon darlegte (11 S. 307), eine Entscheidung zugunsten der Zugehörigkeit der Dünenwinde zu einem antizyklonalen Windsystem herbei.

Der zweite Weg, den ich noch nicht beschriftet, wird gewiesen durch jene obige Feststellung, daß die Richtung der einstigen Dünenwinde in allen Dünengebieten mit der Richtung der im Mittel heute häufigsten Sommerwinde zusammenfällt. Diese Feststellung ermuntert dazu, Rückschlüsse aus der Gegenwart auf die Vergangenheit zu tun, d. h. nach den näheren Umständen zu fragen, unter welchen heute in den verschiedenen Dünengebieten die den einstigen Dünenwinden nach Richtung und Stärke (5 und mehr) äquivalenten Winde auftreten, und das Ergebnis als Lehre auf das Spätglazial anzuwenden. Für diesen Zweck wurden die Wetterkarten des Jahres 1948 zu Rate gezogen und dabei die Betrachtung nach Dünengebieten getrennt durchgeführt, und zwar für Belgien-Holland-Nordwestdeutschland als Gebiet mit südwest-

³⁾ Die von *Louis* (10) und *Solger* (15) behandelten nachträglichen Profilveränderungen an den Dünen bleiben hier unberücksichtigt.

lichen bis westlichen Windrichtungen (frühere Dünenwinde wie heutige sommerliche Winde), Ostdeutschland als Gebiet mit westlichen, Polen als Gebiet mit westlichen bis nordwestlichen und Ungarn als Gebiet mit nördlichen bis nordwestlichen Winden. Folgende Wetterlagen, allein für Mitteleuropa gesehen, wurden mit Rücksicht auf den speziellen Zweck nach mehrfacher Durchsicht der Wetterkarten unterschieden: I. Hochdruckwetterlagen: a) Azorenhochzunge oder Azorenhochkeil ohne wesentliche Störungen, b) Azorenhochzunge oder Azorenhochkeil mit umlaufenden und die Winde in Richtung und Stärke mitbestimmenden Störungen, c) Ostwetterlage, Hochdruckkeil oder Hochdruckzunge von Osten, d) selbständiges mitteleuropäisches Hoch, e) meridionale Hochdrucklage mit einem Hochdruckrücken von Mitteleuropa in nördliche Richtungen in den Nordseebereich und hauptsächlich nach Skandinavien mit flankierenden Tiefs; II. Tiefdrucklagen mit und ohne wandernde Depressionen; III. Zwischenlage mit vergleichsweise hohem Druck bis ins südliche Mitteleuropa, aber tiefem Druck mit Westwetter nördlich davon. Das Auszählungsergebnis ist in der folgenden Tabelle enthalten.

Zahl der Tage mit „Dünenwinden“ ab Windstärke 5 (1948)

Dünengebiete	Azorenhochzunge	Azorenhochzunge mit Störungen	Ostwetterlage	Mitteleuropäisches Hoch	Meridionale Hochdrucklage	Tiefdrucklage	Zwischenlage
	Ia.	Ib.	Ic.	Id.	Ie.	II.	III.
Belgien-Holland-NW-Deutschland	13	32	1	2		16	5
Ostdeutschland	13	18		2	2	5	1
Polen	8	21		1	4	1	2
Ungarn	15	11	1	1	5	2	1

Der Inhalt der Tabelle soll hier nicht bis ins Detail diskutiert werden; lediglich die wichtigsten, an dieser Stelle interessierenden Tatsachen seien hervorgehoben. Die erste wäre die, daß in allen Dünengebieten die den einstigen Dünenwinden äquivalenten heutigen Winde in ganz überwiegender Weise bei solchen Wetterlagen wehen, bei denen hoher Druck über Mitteleuropa liegt. Rund 70 % der „Dünenwindtage“ fallen in NW-Deutschland auf solche Wetterlagen, rd. 85 % in O-Deutschland, rd. 95 % in Polen und rd. 92 % in Ungarn. Diesen Werten ist aber noch gewissermaßen ein Zusatzgewicht zu geben, da die Windrichtungen bei diesen Hochdruckwetterlagen wesentlich konstanter sind als etwa bei Tiefdruck- oder sog. Westwetterlagen, bei welchen der Wind oft nur für kurze Zeit während eines Tages seine Richtung hält. Die zweite Rubrik der Tabelle zeigt den sehr anregenden Einfluß, den Druckveränderungen oder das Hoch umlaufende und durch dieses oft selbst gesteuerte Depressionen auf die „Dünenwinde“ nehmen können.

Das wichtigste Ergebnis der Auszählung ist das überwiegende Gebundensein der den früheren Dünenwinden gleichen heutigen Winde an hohen Druck über Mitteleuropa. So ist auch auf diesem Wege der Betrachtung der Hinweis gegeben auf die Zugehörigkeit der einstigen Dünenwinde zu einem antizyklonalen Strömungssystem.

Trotz der soweit gewonnenen Klarheit bleibt in diesem Zusammenhange noch ein Punkt zu erörtern. Es ist kürzlich im Anschluß an meine erste Arbeit über diesen Gegenstand der Gedanke geäußert worden, daß ein Rückschluß von den Dünenwinden auf ein Hoch über Mitteleuropa nur dann Berechtigung habe, wenn diese Winde in allen Dünengebieten von Belgien bis Ungarn immer gleichzeitig geweht hätten (2, S. 89). Das Moment der Gleichzeitigkeit der Dünenwinde wird damit zum Prüfstein für die Berechtigung oder Nichtberechtigung einer Hochdruckkonstruktion erhoben. Im vorliegenden Falle, wo es sich um Winde von Mittelwertscharakter und ein daraus zu folgerndes Hoch handelt, also um die Zusammenfassung vieler Einzelzustände, kann man jene Forderung nicht erheben. Für den Fall eines Tageshochs hat sie dagegen mehr Berechtigung. Eine Belehrung können auch dafür die Wetterkarten geben; nur muß dann umgekehrt gefragt werden, ob mit jedem Hoch über Mitteleuropa ein in allen Dünengebieten wehendes antizyklonales Windsystem verbunden ist. Für das Jahr 1948 wurden 61 Tage gezählt mit einem irgendwie gestalteten Hoch über Mitteleuropa. Davon hatten 21 Tage kein antizyklonales Windfeld; entweder war an diesen Tagen das Hoch zu kleinräumig, um zur Geltung zu kommen, oder es war zu groß und bereitete überall windstilles bis windschwaches Wetter, oder es waren durch Störungen in den Randgebieten andere Windrichtungen hervorgerufen. An 40 Tagen aber, also an zwei Drittel aller Tage, lag um ein windschwaches Innenfeld des Hochs ein völlig klares antizyklonales Windsystem, davon an 32 Tagen mit solchen Windstärken in den Randgebieten des Hochs, daß innerhalb des einen oder anderen Dünengebietes oder auch in einigen zugleich Dünenbildung hätte erfolgen können. Eine zweite Auszählung war ausschließlich auf solche Tage ausgerichtet, an welchen die Luftdruckverteilung über Mitteleuropa nahezu vollständig dem Inhalt unserer Abb. 1 entsprach. Sie ergab 25 Tage, davon 12 Tage, an denen gleichzeitig in allen Dünengebieten Winde wehten, die zumindest nach der Richtung, doch meist auch nach der Stärke den spätglazialen Dünenwinden gleichen. An allen andern Tagen wehten bei grundsätzlich gleicher Hochdrucklage, aber variierender Konstellation in den Druckverhältnissen der weiteren Nachbarschaft des Hochs Dünenwinde nur im einen oder andern Dünengebiet, allenfalls noch gleichzeitig in zwei oder drei.

Die Auszählung lehrt, was an sich selbstverständlich ist, daß es nicht auf das Hoch allein ankommt, ob in seinen Randgebieten überall und gleichzeitig Winde von der Art der früheren Dünenwinde wehen oder nicht, sondern ebenso auf die jeweiligen atmosphärischen Zustände und Veränderungen in seinen Nachbarbereichen. Da aber diese Zustände und Ver-

änderungen nach den verschiedenen Seiten hin sehr unterschiedlich sein können, schränkt sich die Möglichkeit der Gleichzeitigkeit der Dünenwinde in den Randgebieten ein. Damit lehrt das Ergebnis, daß im umgekehrten Verfahren aus der Nichtgleichzeitigkeit der Dünenwinde keine Negierung des Hochs abgeleitet werden kann; ist es doch in allen Fällen da.

Über dies hinaus steckt im Auszählungsergebnis noch ein Hinweis auf den zeitlichen Ablauf der Dünenbildung im ganzen. Würden die Dünenwinde überall und immer gleichzeitig geweht haben, dann wäre der gesamte Akt der Bildung der europäischen Dünenfelder wohl recht kurz gewesen; die Nichtgleichzeitigkeit weist dagegen auf eine entsprechend größere Länge der Dünenphase.

III. Die Luftdruckverteilung

Nach den bisherigen, mehr vorbereitenden Erörterungen wird man nunmehr mit größerer Berechtigung daran gehen können, eine Rekonstruktion der früheren Luftdruckverteilung in Auswertung der Dünenwinde vorzunehmen. Sie führt zum Inhalt der Fig. 1. Rechts von der ganzen Strömung der Dünenwinde muß über Mittel- und Westeuropa ein Hoch gelegen haben. Ein zweites Hoch zeigt die Karte über Skandinavien. Es findet seine Begründung durch das hier im Spätglazial noch vorhandene und ziemlich mächtige Inlandeis, dessen abkühlende Wirkung wohl zweifellos Anlaß zu einem Hoch gegeben haben wird. Beide Hochdruckkörper, aufgebaut von Luftmassen sehr verschiedener klimatischer Wirkung, haben keinen Zusammenhang gehabt. Zwischen beiden hat nach Maßgabe der westlichen Winde über Norddeutschland und Polen eine Zone tieferen Drucks gelegen. Daß diese nur eine Tiefdruckrinne als Verbindung zwischen einem atlantischen und einem russischen Tief war, ergibt sich wieder aus den über Europa gefundenen Windrichtungen, insofern die SW-Winde über Belgien, Holland und NW-Deutschland einen tieferen Druck in der Nähe der Britischen Inseln und die NW- und N-Winde über Polen und Ungarn einen tieferen Druck im Osten bezeugen. Letzterer kann durch die stärkere sommerliche Erwärmung der Landmassen in den kontinentalen Bereichen bedingt gewesen sein, während jener tiefe Druck bei den Britischen Inseln mehr der planetarischen Luftdruckverteilung entsprochen haben wird.

Aus diesem Gesamtbild der Druckverteilung über Europa stehen in diesem Artikel die Verhältnisse Mitteleuropas im Vordergrund des Interesses. Es ist daher nötig, sie noch näher zu interpretieren und auch Art und Wesen des mitteleuropäischen Hochs zu klären.

An letzterem scheint besonders auffallend der Kern über dem südlichen Mitteleuropa; doch ist Vorsicht geboten, ihm nicht mehr Bedeutung zuzumessen, als ihm im Rahmen des Ganzen eigen ist. Man muß sich gerade in diesem Punkte den Grad der Genauigkeit der Karte vergegenwärtigen. Der Kern als solcher ergibt sich so, daß rechts der antizyklonalen Dünenwinde von Belgien bis Ungarn hoher Druck gelegen haben muß; daß dieser aber nach Westen hin be-

grenzt war, zeigen die für SW-Frankreich an den Dünen des Landes eindeutig erschlossenen Westwinde an, indem diese auf einen zweiten Kern rechts ihrer Strömung über Nordspanien hinweisen. Ob diese beiden geschlossenen Kerne nun größer oder kleiner waren, als unsere Karte angibt, läßt sich natürlich nicht sagen, da die Rekonstruktion der Luftdrucklinien ja nicht auf Luftdruckmessungen beruht.

So, wie der mitteleuropäische Kern gezeichnet wurde, kann er weder als Alpenhoch noch als ein zentrales Hoch angesprochen werden, wie das im Anschluß an meine erste Darstellung bei offenbar nicht genügender Beachtung des Begleittextes irrtümlich geschehen ist (2, S. 89 f). Für ein echtes Alpenhoch ist der Kern zu groß, indem er weit über den Alpenraum hinausreicht und das besonders nach Norden in den Mittelgebirgsbereich hinein. Darum besteht auch kein Zwang, ihn kausalgenetisch einseitig auf die abkühlende Wirkung des damals im Schwinden begriffenen Alpeineises zurückzuführen. Ein zentrales Hoch ist der Kern insofern nicht, als ihm dazu die einem solchen Druckgebilde eigene Selbständigkeit fehlt.

Erkennbar wird eine nur nachgeordnete Bedeutung des Kerns, wenn er so aufgefaßt wird, wie ihn die Karte zeigt, nämlich als eine dem Spanien-Kern ähnliche sekundäre Druckanschwellung im Bereich einer ganz West- und Mitteleuropa überdeckenden Azorenhochzunge. Von diesem, die Druckverteilung über Mitteleuropa überhaupt primär charakterisierenden Druckgebilde war jener Kern nur ein integrierender Bestandteil und als solcher in erster Linie durch die gleichen Tendenzen der Druckentwicklung bedingt, die die Azorenhochzunge schufen; zusätzlich mögen dann auch die abkühlende Wirkung des Alpeineises und auch die im vollen Gange befindliche Eisabschmelzung eine diesen Kern verstärkende und lokal stabilisierende Rolle gespielt haben. Aber für den Aufbau des ganzen Kernes wie überhaupt des mitteleuropäischen Gesamthochs waren diese nachgeordneten Faktoren ebensowenig unbedingt nötig wie heute; gab es doch beispielsweise, wie oben schon gesagt, im Jahre 1948 an 25 Tagen eine den spätglazialen Verhältnissen fast gleiche Druckverteilung über Mittel- und Westeuropa auch ohne den glazialen Eiskuchen in den Alpen.

Die Auswertung aller durch die Dünenwinde gebotenen Möglichkeiten führt, wie gezeigt, zur Konstruktion einer sich von SW über Spanien und Westeuropa nach Mitteleuropa vorstreckenden Zunge des Azorenhochs. So zwangsläufig sich dies Ergebnis einstellt, möchte man es doch wegen seiner Bedeutung für die Kennzeichnung des spätglazialen Klimas noch weiter gesichert und bestätigt sehen. Eine Möglichkeit dazu geben wiederum Analogien aus der Gegenwart an die Hand. Wie der oben mitgeteilten Tabelle zu entnehmen ist und textlich auch hervorgehoben wurde, sind die heutigen, den einstigen Dünenwinden äquivalenten Winde in allen Dünengebieten nahezu hundertprozentig an Hochdruckwetterlagen über Mitteleuropa gebunden. Unter diesen Hochdruckwetterlagen haben — was an dieser Stelle wichtig und aus den Rubriken Ia und Ib der Tabelle ersichtlich ist —

wiederum jene das Übergewicht, die durch eine Azorenhochzunge oder einen Azorenhochkeil gekennzeichnet sind. Auf sie entfallen in W-Deutschland rd. 65 % aller „Dünenwindtage“, in O-Deutschland rd. 78 %, in Polen 78 % und in Ungarn 72 %. Die Zahlen darf man nicht auf das Spätglazial übertragen, aber wohl die sich darin ausdrückende bevorzugte Bedeutung der Azorenhochzunge.

Zum gleichen Ergebnis führt auch eine Betrachtung der Mittelwerte. Die in allen Dünengebieten im Mittel des Sommers häufigsten Windrichtungen entsprechen den Richtungen der früheren Dünenwinde; die mittlere sommerliche Druckverteilung, auf die sie zurückgehen, ist bekanntlich gekennzeichnet durch eine bis zur ‚Oder vorgeschobene Zunge des Azorenhochs. Diese gleicht der fürs Spätglazial rekonstruierten fast vollständig und unterscheidet sich von ihr nur durch das Fehlen jenes besprochenen sekundären Kernes.

Die möglichen Feststellungen sind damit geschlossen und sprechen alle die gleiche Sprache. Im Spätglazial herrschte im Mittel über West- und Mitteleuropa ein Hoch vom Charakter des Azorenhochs. Dieser Befund ist wichtig und muß mit allen Folgerungen bei der Beurteilung des spätglazialen Klimas in Rechnung gestellt werden. Er bedeutet den Hinweis auf warme subtropische Luftmassen als bestimmenden Klimafaktor und auf relative Trockenheit.

Wir haben durch die bisherigen Analysen und Vergleiche bemerkenswerte, auch schon mehrfach betonte Übereinstimmungen zwischen den spätglazialen Dünenwinden und den heute häufigsten Sommerwinden aller Dünengebiete festgestellt und die vielleicht noch wichtigere Ähnlichkeit gefunden zwischen der spätglazialen und heutigen sommerlichen Luftdruckverteilung. Diese Übereinstimmungen sind so auffallend, daß man sich fragen muß, ob denn überhaupt noch ein wesentlicher Unterschied zwischen den Luftdruckverhältnissen von einst und jetzt in Mitteleuropa bestanden habe. Nun liegt Mitteleuropa heute unter einem feuchten Waldklima, lag aber in jener Zeit unter einem Klima, das ihm nach eindeutigen Ausweis der pollenanalytischen Forschung weithin eine steppenartige, von *Artemisia*-Gesellschaften beherrschte Vegetation bescherte (5, 6) und in Abweichung von der Gegenwart jene ausgedehnten äolischen Vorgänge bewirkte, welchen auch die Dünen ihre Entstehung verdanken. Der Unterschied zwischen diesen beiden Klimaten ist zu groß, als daß er nur eine Abweichung im einen oder andern Klimaelement und nicht ein Unterschied im ganzen Klimakollektiv wäre, einschließlich auch der Luftdruckverhältnisse. Die gefundenen Übereinstimmungen in der mittleren Luftdruckverteilung von Vergangenheit und Gegenwart dürfen nicht darüber hinwegtäuschen; denn eins läßt ihre kartographische Fixierung nicht erkennen: den Grad der Veränderlichkeit oder den Grad der Konstanz der Luftdruckverteilung. Wir kennen ihn nur für die Gegenwart aus dem ständigen Erleben und Registrieren des täglichen Wettergeschehens; wir kennen ihn aber nicht für die sommerlichen Verhältnisse des Spätglazials. Und hier liegt nach allem bisher Erkannten die einzige Mög-

lichkeit und, wie ich meine, auch große Wahrscheinlichkeit eines bedeutenden und folgenreichen Unterschiedes.

Diese Frage zu klären bieten sich verschiedene Wege dar. Einen beschritt ich bereits früher; er geht aus vom Formenschatz der Binnendünen. Die große Einheitlichkeit im Bau der Dünentypen und Dünenfelder hat in anderem Zusammenhang schon einen zwingenden Anlaß zum Schluß auf große Konstanz der Richtungen der Dünenwinde gegeben. Konstanz in der Richtung bedeutet aber, entsprechend der nachgewiesenen Herkunft dieser Winde, auch Konstanz oder Stabilität des spätglazialen Hochs.

Ein anderer Weg kann anknüpfen an die allgemeinen thermischen Verhältnisse des spätglazialen Sommers und ihre möglichen Rückwirkungen auf die Luftdruckentwicklung. Nachdem es sich zeigen ließ, daß die Waldlosigkeit West- und Mitteleuropas im Spätglazial thermisch bedingt war (11, 12), muß das Julimittel der Temperatur in diesen Gebieten allgemein unter 10° C gelegen haben. Für Deutschland betrug die Temperatursenkung gegen heute mindestens 7—9°. Die Sommer des Spätglazials waren in West- und Mitteleuropa also trotz der Zufuhr subtropischer Warmluft durch das Hoch kühl. Nach Osten zu darf mit zunehmender Kontinentalität gerechnet werden, so daß im kühleren West- und Mitteleuropa schon aus thermischen Gründen die Tendenz zu höherem Luftdruck größer gewesen ist. Wahrscheinlich waren die Sommer zudem hier noch kühler, als es die soeben angeführten Zahlen besagen; denn als Quellen der Abkühlung waren mehrere vorhanden, darunter solche, die damals eine größere Wirksamkeit hatten als heute. Einen erheblichen Wärmeverbrauch bedeutete ohne Zweifel die Ablation an Inlandeis und Alpengletschern, wurden von beiden doch große Teile gerade in dieser Phase der Klimageschichte aufgezehrt. Abkühlenden Einfluß hatte sodann auf West- und Mitteleuropa das Meer, und zwar in wesentlich verstärktem Maße, da — wie *Y. Guillian* gelegentlich gemeinsamer Exkursionen in Frankreich im Sommer 1949 mit Recht betonte — die küstennahen Meeresteile als Folge der Abschmelzung von Inlandeis und Gletschern im Spätglazial mit einer Kaltwasserschicht bedeckt gewesen sein mußten. Mag nun im spätglazialen Sommer ebenso wie heute an sich die Neigung vorhanden gewesen sein zu einer zungenförmigen Erweiterung des Azorenhochs nach Nordosten über West- und Mitteleuropa hin, so fand solche Tendenz damals eine wirksame Begünstigung durch jene aufgezeigten Umstände, die die Sommerkühe dieser Gebiete besonders betonten. Von den thermischen Verhältnissen her gesehen, waren die Voraussetzungen zur Bildung hohen Luftdrucks in West- und Mitteleuropa also günstiger als heute, mithin auch groß die Wahrscheinlichkeit einer damals größeren Beständigkeit der sommerlichen Hochdrucklagen.

Nachdem somit zwei ganz verschiedene Wege zu dem gleichen Ergebnis führen, kann möglicherweise auch der einzige Unterschied zwischen der früheren und jetzigen Luftdruckverteilung, nämlich der Neben-

kern in unserer Karte über dem südlichen Mitteleuropa als Ausdruck eines im Spätglazial besonders kräftigen und stabilen Aufbaus der Azorenhochzunge gewertet werden.

Entgegengesetzt sprechende Hinweise, nämlich solche, die auf eine rasche Veränderung der Luftdruckverhältnisse, etwa solche mit häufigem Durchgang von Depressionen hindeuten, lassen sich nicht finden. Sie würden, doch gewöhnlich verbunden mit Niederschlägen, wahrscheinlich auch Lähmung, wenn nicht gar Erstickung aller gerade fürs Spätglazial charakteristischen äolischen Vorgänge bedeutet haben, insbesondere der jüngsten und letzten Lößablagerung. So ist die Annahme eines beständigen Hochs auch in dieser Hinsicht geraten. Sie entspricht dem Umfang der äolischen Vorgänge sowie der steppenhaften Vegetation dieser Zeit durchaus am besten.

Größere Stabilität oder Konstanz des spätglazialen Hochs schließt nun durchaus nicht jede Depressionsstätigkeit aus. Wie schon früher hervorgehoben (11, S. 309), wird gerade die Tiefdruckfurche, in unserer Karte zwischen dem mitteleuropäischen Warmluftloch und dem nordeuropäischen Kaltluftloch gelegen, als Verbindung zwischen einem nordatlantischen und einem sommerlichen kontinentalen Tief über Rußland eine der häufigst benutzten Depressionsstraßen gewesen sein. Wie bei einer so gearbeteten Druckverteilung die Depressionen zwischen den beiden Hochs und um diese herum gesteuert werden, hat jüngst *H. Flohn* (7) an Beispielen gezeigt, aus welchen Lehren auch für das Spätglazial gezogen werden können. Seine Abbildungen zeigen unter andern den Zug der Tiefkerne von Schottland über die Nordsee und südliche Ostsee durch Ostpreußen zur Ukraine auf einer Bahn, von der sie auch Einfluß auf die Entwicklung der Dünenwinde nehmen konnten. Störungen auf dieser Zugstraße werden früher wohl wie heute über dem Kontinent rasch, namentlich in bezug auf Niederschlag, ihre Wetterwirksamkeit eingebüßt haben. Eine andere Region reger Störungstätigkeit kann vielleicht auch in dieser Zeit das Mittelmeergebiet gewesen sein. Für Mitteleuropa ist

dagegen anzunehmen, daß es zumindest im Sommer dank des stabilen Hochs vor Depressionen ziemlich verschont blieb. Doch gerade diese Fragen nach den Depressionen und ihren früheren Zugstraßen sind heute noch am wenigsten zu klären, weil befriedigendes Beweismaterial dafür besonders schwer zu erlangen ist. Das gilt für das Hochglazial ebenso wie für das Spätglazial.

Literatur

1. *Aßmann, R.*, Die Winde in Deutschland. Braunschweig 1910.
2. *Büdel, J.*, Neue Wege der Eiszeitforschung, Erdkunde, III, 1949, S. 82—95.
3. *Carroll, D.*, Movement of Sand by Wind, Geol. Mag., 76, 1939, S. 6—23.
4. *Enquist, Fr.*, The Relation between Dune-form and Wind-direction, Geol. Fören. Förhandl., 1932, S. 19—59.
5. *Firbas, F.*, Über das Verhalten von Artemisia in einigen Pollendiagrammen. Biol. Zentralbl., 67, 1948, S. 17—22.
6. *Firbas, F.*, Die Waldgeschichte Mitteleuropas. I. Bd. Jena 1949.
7. *Flohn, H.*, Über kalte metastabile Hochdruckgebiete. Meteorol. Rundsch., 2, 1949, S. 67—75.
8. *Grahmann, R.*, Das Alter der „Hellerterrasse“ und der Dünen bei Dresden. Mitt. Ver. Erdkde. Dresden, Jg. 1931/32, N. F., S. 85—97.
9. *Klötzer, J.*, Das Klima. Handbuch für Polen. Bln. 1917.
10. *Louis, H.*, Die Form der norddeutschen Bogendünen. Zs. f. Geomorph., 4, 1928/29, S. 7—18.
11. *Poser, H.*: Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. Naturwiss., 35, 1948, S. 269—276 u. 307—312.
12. *Poser, H.*, Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. Eiszeit und Gegenwart, I (im Druck).
13. *Sokolow, N. A.*, Die Dünen. Bln. 1894.
14. *Solger, Fr.*, Studien über nordostdeutsche Inlanddünen. Forsch. Deutsche Landes- und Volkskde., 19, 1910.
15. *Solger, Fr.*, Der Boden Niederdeutschlands nach seiner letzten Vereisung. Bln. 1931.
16. *Werth, E.*, Zum Alter der norddeutschen Dünenlandschaften und ihre Beziehungen zu den steinzeitlichen Kulturen und den nacheiszeitlichen Niveauschwankungen. Hermann-Stremme-Festschrift, Danzig 1944.
17. *Wilkins, O.*, Die oberrheinischen Flugsande. Geol. Rundsch., 17 a, 1926, S. 555—597.

RUMPFFLÄCHEN IM SCHICHTSTUFENLAND ?

Helmut Blume

Mit 3 Abbildungen

I.

Die morphologische Problematik der Schichtstufenlandschaft und die Frage nach deren Beziehungen zu den Rumpfgebirgen sind neuerdings von *Mortensen* (1949) in einer umfangreichen Studie behandelt worden¹). Es sind nach

Mortensens Auffassung die gleichen Kräfte im Stufenland und in den Rumpfgebirgen flächenbildend wirksam, so daß die Schichtstufenländer als „Austauschlandschaften“ der Rumpfflächen aufgefaßt werden müssen. Einen eigenständigen Charakter könnten die Stufenländer allein deswegen besitzen, weil sie „stufenlandschaftsgünstigere“ Gesteinslagerungen aufwiesen. Aber auch innerhalb der Gebiete flach lagernder Schichten könne das Formenbild verschiedenartig sein (Stu-

¹) Außerdem gibt *Mortensen* in Forsch. u. Fortschr. 25, S. 263—265, 1949, in einem kleinen Aufsatz „Rumpfflächen und Stufenflächen“ eine gedrängte Zusammenfassung seiner Anschauungen.