

nur insofern ein Wert innewohnt, als sie die Grössenordnung für die in Frage kommenden Grenztiefen bezeichnen. Insbesondere wird es einleuchten, dass HAUGS abyssale Zone, jedenfalls in ihren höheren Regionen, Tiefen entspricht, in denen sich heute wesentlich „terrigen“ Sedimente im Sinne von MURRAY und RENARD (70), aber nicht abyssische ablagern. Trotzdem ist sie der Bezeichnungsweise von TH. FUCHS bei weitem vorzuziehen. Auf weiteres soll hier, wo es sich zunächst nur um die rezenten Bildungen handelt, nicht eingegangen werden. Bemerket sei nur noch, dass auch JOH. WALTHER und der Verfasser (197) in etwa 900 m Tiefe eine für diese Fragen bedeutsame Grenze verlegen, für welche am besten die Forderungen von ED. SUSS (Das Antlitz der Erde II. p. 275) gelten: „Es scheint mir aber . . . am zweckmässigsten, dass die Grenze“ (zwischen Flach- und Tiefsee) „dort gesetzt werde, wo die grösste allgemeine Verschiedenheit eintritt, und diese liegt dort, wo die Verschiedenheit der Klimate endet und die weltweite Fauna auftritt. Sie unterliegt nicht den Verbreitungsgesetzen, welche für die höheren Zonen massgebend sind, und Veränderungen der äusseren Verhältnisse müssten auf sie einen anderen Einfluss ausüben.“ In welcher Weise diese Fragen für die Sedimente früherer Zeiten von Wichtigkeit sind, wird später zu besprechen sein.

(Fortsetzung folgt.)

Die Wirkungen des Windes und seine Bedeutung für den Ackerbau.

Von **K. Stamm** (Bonn).

Als Bulletin Nr. 68 ist bei dem U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils, ein Sammelwerk von E. E. FREE erschienen¹⁾, in der die sämtlichen in der Literatur vorhandenen Angaben über Windwirkungen zusammen mit eigenen Beobachtungen des Verfassers verarbeitet worden sind, ein Werk, das deshalb schon besondere Beachtung verdient, weil namentlich auch die Bedeutung des Windes für den Ackerbau eingehend berücksichtigt wurde.

Die Beziehungen, die zwischen dem Ackerboden und seinen Erträgen bestehen, wurden immer als das Fundamentalproblem aller landwirtschaftlichen Untersuchungen angesehen. Diese Untersuchungen gingen meist von einer Theorie aus, der „plant-food theory of fertilizers“, die sich folgendermassen kurz charakterisieren lässt: Der Faktor, der für die Erträge des Bodens von grösster Wichtigkeit ist, ist der Gehalt des Bodens an verfügbarer minera-

¹⁾ The movement of soil material by the wind, with a bibliography of eolian geology. Washington 1911.

lischer Pflanzennahrung. Der Hauptzweck der Theorie ist der, die Resultate zu erklären, die durch den Gebrauch von Dünger hervorgerufen werden. Die Theorie geht von der Annahme aus, dass eine einmal gegebene Bodenmasse als solche unbegrenzte Zeit bestehen bleibt und nur lokalen Veränderungen unterliegt, wie sie hervorgerufen werden durch die Tätigkeit des Menschen, der Pflanzen und der Sickerwässer.

Spätere Untersuchungen zeigten indes, dass diese Theorie von unrichtigen Voraussetzungen ausgeht, dass das Problem, um das es sich hier handelt, kein statisches, sondern ein dynamisches ist, insofern, als die Teilchen des Bodens sich eigentlich in fortwährender Bewegung befinden und ein fortgesetzter Austausch der einzelnen Teilchen stattfindet, was zurückzuführen ist auf die Wirkungen von Pflanzen und Tieren, von Wasser, Eis und Wind.

Ackerböden besitzen in den verschiedensten Gegenden ziemlich übereinstimmende Zusammensetzung, eine Folge davon, dass bei ihrer Bildung die gleichen Kräfte tätig sind und dass die Gesteine, aus denen sie entstehen, Eruptiva und Sedimente, im allgemeinen ziemlich ähnliche Zusammensetzung haben. Wenn keine Zufuhr von neuem Material stattfindet, so muss bei rein mechanischer Zerstörung des anstehenden Gesteins das widerstandsfähigste Mineral zurückbleiben, nämlich Quarz. Dass trotzdem reiner Quarzsand verhältnismässig selten zu finden ist, liegt einmal an der steten Zufuhr von neuem Material, durch äussere Kräfte; dann arbeiten aber auch neben den mechanischen Kräften fortgesetzt chemische Kräfte an der Zerstörung der Gesteine, und diesen gegenüber ist Quarz weniger widerstandsfähig als manche andere Mineralien, z. B. gewisse Eisenmineralien.

Eine Mischung der Bodenteilchen findet im wesentlichen auf zwei Wegen statt; einmal durch senkrechte Verschiebungen, durch die Material des Untergrundes nach oben gebracht wird; diese werden hervorgerufen durch Pflanzen, Tiere und den Menschen. Dann durch seitliche Verschiebungen, die verursacht werden durch die Tätigkeit des Wassers, Eises und Windes. Beide Arten der Bewegung werden veranlasst durch Rutschungen, Bergstürze und das Kriechen.

Die Wirkungen des Windes bei der Fortschaffung von festem Material wurden bisher fast ausnahmslos nur für trockene Gebiete behandelt, in denen die Windwirkung allerdings besonders augenfällig ist. Aber auch in feuchten Gebieten spielt der Wind eine grosse Rolle, und wenn auch im allgemeinen in jedem Falle seine Wirkung nur verhältnismässig gering ist gegenüber den Wirkungen anderer Kräfte, so ist doch zu berücksichtigen, dass der Wind überall und fast ohne Unterbrechung tätig ist und dass seine Wirksamkeit nicht in der Weise von der Schwerkraft abhängig ist, wie z. B. die des Wassers.

In dem ersten grösseren Kapitel behandelt der Verfasser eingehend den Mechanismus des Windtransportes. Nur unter besonderen Umständen kann der Wind direkt zerstörend auf eine feste Oberfläche einwirken, dann nämlich, wenn er eine Menge festen Materials, Sand und Staub, mitführt. Es ist das derselbe Vorgang, der auch in der Technik praktisch verwertet wird, beim Sandstrahlgebläse. Diesen Vorgang nennen wir *Korrasion*. Im allgemeinen ist aber der Betrag der durch Korrasion geschaffenen losen Massen recht unbedeutend gegenüber jenen, die durch Verwitterung entstehen. Immerhin macht sich die Korrasion namentlich in trockenen Gebieten auch an den Werken des Menschen bemerklich: Bäume und Pflanzen werden dadurch angegriffen, Glas wird geätzt, Inschriften auf Denkmälern usw. werden zerstört; der Telegraphendraht an der Transkaspischen Eisenbahn musste nach 11 Jahren erneuert werden, weil sein Durchmesser durch Korrasion auf die Hälfte vermindert worden war, die Telegraphenstangen der Südpazifischen Bahn am San Bernardino Pass in Süd Kalifornien mussten auf der Windseite durch Steinpfeiler geschützt werden, weil sie sonst rasch durch Korrasion zerstört wurden.

Natürlichen Schutz gegen die Fortführung loser Massen durch den Wind bieten Vegetationsbedeckung und Bodenfeuchtigkeit. Die schützende Kraft der Vegetation beruht darauf, dass sie durch den Widerstand, den ihre Blätter usw. bieten, die Schnelligkeit der darüber hinstreichenden Luft bedeutend vermindert, so dass deren kinetische Energie nicht mehr gross genug ist, um die am Boden liegenden Teilchen fortzuschaffen. Dazu ist es aber erforderlich, dass die Pflanzen, die einen solchen Schutz ausüben sollen, entweder eine ziemlich dichte Decke bilden oder ziemlich hoch in die Luft hinausragen. Hierzu kommt noch, dass die Pflanzenwurzeln den Boden gewissermassen binden und so auch Winderosion verhindern. Wahrscheinlich gewähren Rasenflächen und Wälder fast vollkommenen Schutz. Kultivation eines Landstriches begünstigt im allgemeinen Winderosion, weil hierbei der Boden künstlich gelockert wird und weil die Kulturpflanzen meist so weit voneinander entfernt stehen, dass sie keinen Schutz mehr ausüben können.

Winderosion wird weiterhin verhindert, wenn der Boden eine genügende Menge Feuchtigkeit enthält, weil dadurch die kleinsten Bodenteilchen zu grösseren Klumpen zusammengebacken werden, gegenüber denen der Wind machtlos ist. Immerhin ist dieser Schutz nie ein vollkommener, weil durch oberflächliche Verdunstung immer einige trockene Körnchen vorhanden sind, die der Wind wegführen kann, so dass dann neue Teilchen der Verdunstung ausgesetzt sind.

In Wüsten, wo weder Bodenfeuchtigkeit noch Vegetation vorhanden ist, kann bisweilen Winderosion verhindert werden durch das sogenannte „Wüstenpflaster“. Dieses entsteht dann, wenn feines Material zusammen mit Geröllen oder grösseren Steinen der Tätigkeit des Windes ausgesetzt wird. Das feinere Material wird fortge-

blasen und es häufen sich oberflächlich die gröberen Steine an, die dann natürlich das darunterliegende feinere Material schützen. Der Schutz ist allerdings nicht dauernd, weil die Gerölle durch Korrasion und Insolation allmählich zerkleinert werden und durch gelegentliche Regengüsse auch ganz fortgeschafft werden können.

Das feine Material, das auf der Oberfläche liegt, wird hauptsächlich durch Wirbel und irgendwelche Unregelmässigkeiten in den Luftströmungen in die Höhe gehoben. Keinesfalls darf man sich vorstellen, wie es früher geschah, dass die Luftbewegung in Schichten parallel der Bodenoberfläche erfolgt derart, dass nie die Teilchen der einen Schicht mit denen einer anderen sich vermischen, weil sich dann überhaupt nur die unterste Schicht mit festen Teilchen beladen könnte. Was wir Windrichtung nennen, ist die Resultante aus einer ganzen Reihe von komplizierten Windströmungen.

Durch die Tätigkeit des Windes tritt eine Aussonderung des festen Materials ein. Nach UDDEN kann man unterscheiden 1. grobes Material (*lag gravels*), das vom Winde überhaupt nicht beeinflusst wird, 2. groben Sand, der vom Wind nur auf der Oberfläche entlang getrieben, aber nicht in die Höhe gehoben werden kann (*drifting sands*), 3. feinen Sand (*fine sands*), der zwar fortgeblasen wird, aber sich an geeigneten Stellen leicht absetzt, z. B. auf der Leeseite von Dünen, 4. Staub (*dust*), der auf grosse Entfernungen hin fortgeführt wird.

Der Wind sondert nun die Teilchen nicht nur nach der Grösse, sondern es spielen hierbei noch eine Rolle die Beziehungen zwischen Masse, Oberfläche und Gestalt der Partikelchen. Im allgemeinen wird ein Teilchen um so leichter fortgeführt werden können, je grösser seine Oberfläche, d. h. je unregelmässiger seine Gestalt ist. Bei nahezu kugeligen Partikelchen — und hierhin ist der Sand zu rechnen — wird die Leichtigkeit des Transportes dargestellt durch

das Verhältnis $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Masse}} = \frac{4 R^2 \pi}{\frac{4}{3} R^3 \pi} = \frac{3}{R}$, ist also umgekehrt propor-

tional dem Radius. Bei abnehmender Grösse wird dies Verhältnis grösser, d. h. kleine Teilchen werden leichter fortgeführt als grössere.

Ausserdem tritt natürlich durch den Wind eine Aussonderung nach dem spezifischen Gewicht ein, eine Tatsache, die man bei den meisten vulkanischen Eruptionen beobachten kann, wo die schwersten Mineralien, Magnetit, Augit usw. dem Vulkan am nächsten niederfallen. Hiervon macht man bei der Goldgewinnung Gebrauch in Gegenden, wo Wasser nur spärlich vorhanden ist, z. B. in Mexiko, Zentral-Australien und Zentral-Asien.

Eine Folge dieser aussondernden Tätigkeit des Windes ist die Tatsache, dass alle Windabsätze nahezu gleiche Korngrösse besitzen.

Den Vorgang der Fortschaffung von feinem Material durch den Wind bezeichnet man als Deflation. Eine Folge davon ist die sandige und steinige Beschaffenheit jeder Wüstenoberfläche. Von

manchen Forschern wird der Deflation eine grosse geologische Bedeutung zugeschrieben insofern, als dadurch die grossen flachen Ebenen geschaffen sein sollen, wie sie sich so häufig namentlich in amerikanischen Wüstengebieten vorfinden. Aus diesen Ebenen ragen vereinzelte Berge oder Bergketten heraus, die aus festem Gestein bestehen, während die ebene Oberfläche völlig mit Schutt überdeckt ist. Früher dachte man sich diese Ebenen (bolsons) so entstanden, dass weite Täler völlig mit Schutt aufgefüllt wären, so dass anstehender Fels erst in grosser Tiefe anzutreffen wäre, während die Vertreter der äolischen Entstehungstheorie nur eine relativ dünne Schuttdecke annehmen. Verfasser hält beide Entstehungsweisen für möglich.

Aber auch abgesehen von diesem Spezialfall ist der Deflation eine grosse Bedeutung zuzuschreiben. So sind nach PETRIE von einem Teil des Nildeltas in den letzten 2600 Jahren mindestens 8 Fuss durch Deflation entfernt worden.

Da der Wind anders als Wasser keine Erosionsbasis besitzt, so wird er nur unter besonderen Umständen imstande sein, Ebenen zu schaffen. Seine Erosionskraft wirkt auch dann noch, wenn in trockenen Gebieten das Niveau des Meeresspiegels erreicht ist. Beispiele dafür sind nach FREE die Einsenkungen des Totentals in Kalifornien und des Toten Meeres.

Die Grösse der Teilchen, die vom Winde noch fortgeschafft werden können, hängt ab von der Gestalt der Teilchen (Verhältnis $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Masse}}$) und der Windgeschwindigkeit. Nach UDDEN besitzen die grössten Quarzkörnchen, die durch gewöhnlichen starken Wind in der Schwebelage gehalten werden können, durchschnittlich 0,1 mm Durchmesser, während die grössten Teilchen, die an der Oberfläche treibend fortgeschafft werden können, durchschnittlich einen Durchmesser von 2 mm haben.

Zwar kann der Wind nicht so grobes Material forttransportieren wie das Wasser, dafür aber bedeutend grössere Mengen, weil die Atmosphäre ein erheblich grösseres Volumen besitzt und die atmosphärischen Strömungen bedeutendere Geschwindigkeit erreichen, als Wasserströmungen. Nach UDDEN kann die Atmosphäre pro Kubikfuss ungefähr 0,0015 g fester Teilchen von der Feinheit gewöhnlichen Flussschlammes enthalten. Danach kann z. B. der Wind, der über das Becken des Mississippi bläst, ungefähr 1000 mal so viel festes Material transportieren wie der Fluss, womit allerdings nicht gesagt ist, dass dieser Betrag wirklich erreicht wird.

Nur ein kleiner Bruchteil des transportierten Staubs ist fein genug, um mehr oder weniger dauernd in der Schwebelage gehalten zu werden. Der grösste Teil des festen Materials wird in den unteren Schichten der Atmosphäre derartig fortbewegt, dass ein fortwähren-

der Austausch des auf dem Boden liegenden Materials mit dem in der Luft befindlichen stattfindet.

Grösserer Absatz von Staub findet statt, wenn die Windgeschwindigkeit sich vermindert. So bewirkt z. B. eine Vegetationsdecke mit der Zeit grössere Staubanhäufung, weil durch den Widerstand, den die Blätter und Stengel der Pflanzen der durchstreichenden Luft bieten, die Windgeschwindigkeit verringert wird. Pflanzen wirken also in doppelter Weise schützend auf den Untergrund ein: sie verhindern Fortführung von Material und begünstigen Absatz.

Auch in feuchten Gebieten ist diese indirekt akkumulierende Tätigkeit der Pflanzen vorhanden, wenn auch nicht so deutlich. Nach HUNTINGTON sind die Gebiete in Zentral-Asien, in denen heute noch äolischer Löss abgesetzt wird, bestimmt durch das Vorhandensein von Vegetation. Diese wird wieder bedingt durch allgemeine klimatische Bedingungen; Perioden grösseren Regenfalles sind Perioden stärkeren Wachstums und deshalb Perioden von Lössakkumulation. Nach BEADNELL sind die feuchten kultivierten Plätze in der Oase von Kharga in der Lybischen Wüste in historischer Zeit durch die Wirkung der Vegetation um mehrere Fuss erhöht worden.

Verringerung der Windgeschwindigkeit und somit Staubanhäufung kann auch verursacht werden durch allgemeine topographische Bedingungen.

Andererseits kann eine Staubanhäufung auch dadurch erfolgen, dass die Staubteilchen auf eine feuchte Oberfläche fallen und hier zurückgehalten werden. Die Feuchtigkeit kann hervorgerufen worden sein durch Regen oder durch das Vorhandensein gewisser hygroscopischer Salze.

Das gröbere Material, das der Wind forttreibt, der Sand, bewegt sich in relativ kurzen und nicht sehr hohen Sprüngen am Boden entlang. Infolgedessen ist die Korrasion in den unteren Luftschichten viel stärker als in den höheren, und so wird die Entstehung von Pilzfelsen und ähnlichen Gebilden erklärlich.

Wenn der fortgetriebene Sand auf ein festes Hindernis stösst, Felsen, Gebäude usw. oder auch Vegetation, so entsteht hier eine Anhäufung von Sand, eine Düne, die allmählich selbst als Hindernis wirkt und so sich stetig vergrössert. Die Düne bewegt sich in bekannter Weise in der Windrichtung vorwärts. Die Schnelligkeit der Bewegung kann variieren zwischen einigen wenigen und 2000 Fuss pro Jahr. Mehrere Dünen vereinigen sich oft zu langen Dünenzügen. Für die Ausbildung der äusseren Form der Dünen sind nach des Verfassers Ansicht vielleicht jene Luftwirbel von Wichtigkeit, die sich hinter jeder Düne bilden müssen und den Zwischenraum zwischen zwei Dünen vertiefen, dadurch, dass sie den losen Sand von den tiefsten Punkten auf die Seiten der Dünen hinaufwehen.

Das Material, das die Dünen zusammensetzt, kann aus ganz reinem Kalksand bestehen, was der Fall ist an Korallenküsten, oder

aus reinem Quarzsand, oder aus Gemengen von beiden. Dünen aus fast reinem Gipssand finden sich in Utah und in Mexiko, Dünen aus tonigem Material in Texas.

Die Sandkörner besitzen einen ziemlich konstanten Durchmesser von 0,5—0,125 mm. Die äussere Form hängt ab von der Entstehung. Wüstensand, der hauptsächlich durch Insolation entstanden ist, ist eckig, während Sande, die einen Transport durchgemacht haben, mehr oder weniger gerundet sind. Wind- und Wassertransport unterscheiden sich dadurch, dass beim Windtransport auch die kleinsten Körnchen noch gut gerundet sind.

Die lockere Struktur der Dünenande bewirkt ein rasches Hindurchsickern aller Niederschläge. Daher kommt es, dass selbst in niederschlagsreichen Dünengebieten die Flora immer eine xerophile ist. Darauf und auf der Unbeständigkeit des Bodens beruht die Unfruchtbarkeit der Dünengebiete, denn an und für sich sind Dünenande nicht unfruchtbar in dem Sinne, dass die Mineralstoffe der Pflanzennahrung fehlen, ausgenommen, wenn die Sande aus reinem Quarz bestehen.

Für die Fixierung von Dünengebieten empfiehlt Verfasser namentlich für gemässigte Klimate die Anpflanzung des Sandrohres (*Ammophila arenaria*), danach eine Aufforstung der Ländereien, weil einerseits der Schutz, den Büsche gewähren, besonders gross ist und weil man andererseits dann recht bald finanziellen Nutzen aus den betreffenden Gebieten ziehen kann, ohne dadurch eine neue Bewegung des Bodens hervorzurufen. Zugleich wird durch die Fixierung einer Düne auch die Bodenqualität verbessert, weil die feinsten Verwitterungsprodukte an Ort und Stelle zurückbleiben.

Perioden stark gesteigerten Transportes stellen die Staubstürme dar, die gelegentlich überall auftreten können, ihre Hauptverbreitung aber in den grossen Steppen und semiariden Hochebenen im Innern der Kontinente haben. Geologisch wichtig sind diese Staubstürme namentlich deshalb, weil dadurch grosse Mengen Staub über weite Strecken hin verfrachtet werden. Nach UDDEN sollen während eines solchen Staubsturmes in einer (engl.) Kubikmeile Luft 160—126000 Tonnen festen Materials suspendiert sein. In Indiana bestimmte man in einem Gebiete, in dem die durch einen Staubsturm fortgeführten Massen zum Absatz gelangten, die Menge des abgesetzten Materials zu 1,5—3,79 g pro qm (= 4—10,5 t pro engl. Quadratmeile). Das entspricht einer Schicht von mindestens 0,02 Zoll Dicke. Gelegentlich werden aber noch bedeutend höhere Beträge erreicht, z. B. 17,5 g pro qm in Australien.

Die Entfernungen, auf die eine solche Verfrachtung stattfindet, können 2000 engl. Meilen und mehr erreichen.

Zu den auffallendsten Erscheinungen in trockenen Gebieten gehören die Staubwirbelwinde oder Sandhosen, die einen Durchmesser von ein paar Zoll bis zu mehreren Fuss und eine Höhe von

ein paar Fuss bis zu Hunderten von Fuss erreichen. Sie können fast an jedem heissen Tag beobachtet werden; am häufigsten sind sie bei Windstille oder schwachem Wind, obwohl sie gelegentlich auch bei heftigerem Wind auftreten können. Manchmal eilen sie rasch über die Oberfläche hin, manchmal verharren sie an einem Punkte, immer besitzen sie aber eine äusserst schnelle Rotation um ihr eigenes Zentrum. Die Rotation verläuft ebenso oft im Sinne des Uhrzeigers wie umgekehrt. Die Dauer der Sandhosen beträgt gewöhnlich nur ein paar Minuten.

Um 1850 glaubte BADDELY die Ursache der Wirbelwinde in elektrischen Vorgängen suchen zu müssen; er meinte, dass die Staubsäule ein Ding sei, das aus „einer Art Elektrizität“ bestände oder aus einer „dauernden, unzerstörbaren Art einer imponderabilen bis jetzt unbeschriebenen Materie“. Er stützte sich dabei auf Beobachtungen, die er angestellt hatte; er erhielt nämlich ziemlich starke Entladungen von Konduktoren, die in der Staubsäule sich befanden, und von Drähten, die während des Vorüberziehens einer Sandhose in die Luft ragten. Mit fortschreitender Erkenntnis der elektrischen Vorgänge liess sich diese Theorie aber nicht halten, wahrscheinlich sind die elektrischen Entladungen Folge, nicht Ursache der Wirbelwinde.

Wahrscheinlich muss man sich die Entstehung der Sandhosen folgendermassen denken. An heissen, windstillen Tagen wird der Boden sehr viel stärker erhitzt, als die Luft; diese Wärme teilt sich den untersten Luftschichten mit, die dadurch wärmer und infolgedessen leichter als die darüber liegenden Luftschichten werden, und es entsteht so ein instabiler Zustand, der einige Zeit bestehen bleibt, bis an einer Stelle die leichte warme Luft plötzlich nach oben entweicht. In den so entstandenen leeren Raum stürzt von den Seiten die Luft nach, wird ebenfalls in die Höhe gerissen usw. Die drehende Bewegung wird durch die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Luftströmungen verursacht. Der Wirbelwind dauert so lange an, als noch Zufuhr von überhitzter Luft stattfindet, wodurch die längere Dauer derartiger Winde in trockenen vegetationslosen Wüsten, die kürzere in feuchten vegetationsbedeckten Gebieten sich erklärt. Mit dieser Theorie stimmt die Tatsache überein, dass das Zentrum der Staubsäule immer heisser ist als die randlichen Partien und dass Sandhosen am häufigsten bei ruhigem Wetter zu beobachten sind.

Eine Stütze erhält diese Annahme auch dadurch, dass es gelungen ist, Miniatursandhosen zu erzeugen auf heissen Platten, die mit feinem Quarzstaub bestreut waren.

Nach dieser Theorie bewegt sich die Luft in einer Sandhose in aufsteigender Spirale.

Ganz ähnliche Erscheinungen sind Tornados und Wasserhosen, die aber wahrscheinlich einen ganz anderen Ursprung haben. Diese Luftbewegungen entstehen wahrscheinlich in höheren Luft-

schichten und wachsen nach der Erde zu. Sie sind bedingt durch viel allgemeinere meteorologische Verhältnisse, durch das Vorhandensein von Zyklonen, also grossen barometrischen Depressionen. Die aufsaugende Wirkung ist bei diesen Stürmen nicht so stark wie bei den Sandhosen; die starken Zerstörungen, die sie anrichten, sind zuzuschreiben der grossen Heftigkeit des Windes und der Explosion der in Häusern usw. eingeschlossenen Luft in dem Gebiete stark reduzierten Luftdruckes im Zentrum des Wirbels. Das angeblich durch die Wasserhosen aus dem Meere aufgesaugte Wasser kann nicht daher stammen, weil es süss ist, sondern hat seinen Ursprung in den Wolken.

Die kleinen Staubwirbel endlich, die an windigen Tagen auf Strassen und Feldern auftreten, werden dadurch verursacht, dass der Wind um Hindernisse herumbläst, und mit entgegengesetzten Luftströmungen interferiert. Sie haben deshalb einige Bedeutung, weil sie dem Winde Gelegenheit bieten, sich mit festem Material zu beladen.

Der von Stürmen, Wirbelwinden usw. mitgeführte Staub wird an anderen Stellen in grossen Mengen wieder abgesetzt. Das bestbekannte und meiststudierte derartige Phänomen ist der Fall von rotem Staub in Süd- und Zentraleuropa. Da dieser Staub gewöhnlich mit den Passatwinden kommt, hat man ihm den Namen „Passatstaub“ (engl. *sirocco dust*) gegeben. Er war schon HOMER, VERGIL und LIVIUS bekannt, eingehende Beschreibungen gaben EHRENBURG und WENDELIN. In den letzten 10 Jahren wurde der Fall von Passatstaub beobachtet am 9.—12. März 1901 und 22.—23. Februar 1903.

Während des Mittelalters schrieb man dem Passatstaub kosmischen Ursprung zu, und sein Fall wurde mit grossem Schrecken beobachtet, zumal wegen der blutigen Farbe der mit dem Staub beladenen Regentropfen. Dieser Theorie folgte die von EHRENBURG in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, welcher glaubte, in den höheren Luftschichten existiere eine Menge dort dauernd suspendierter lebender Materie, hauptsächlich Diatomeen; Staubfälle sollten eintreten, wenn diese Schicht so gestört würde, dass sie mit der Erdoberfläche in Berührung kommt. EHRENBURG kam zu dieser Theorie, weil er in den verschiedensten Proben von Passatstaub, die er untersuchte, Diatomeen aus allen Erdteilen vorfand, besonders solche, die er als charakteristisch für Süd-Amerika ansah. Einige von diesen Diatomeen lebten sogar noch. Er übersah dabei ganz die grossen Mengen anorganischer Substanz, die in dem Passatstaub vorhanden waren.

Heute wissen wir, dass der Passatstaub aus der Sahara stammt, und zwar sprach diese Ansicht zuerst LAVAGNA aus gelegentlich des Staubfalls vom 27.—28. November 1814. Erst in den letzten 25 Jahren gewann diese Theorie allgemeine Anerkennung.

Der Passatstaub besteht zum grössten Teil aus feinen Quarzsplitterchen und noch feineren tonigen Partikelchen, ferner Feldspäten (meist Orthoklasen), Kalzit, Magnetit, Zirkon, Rutil, Turmalin, Hornblende, Epidot und Apatit. Selten kommen vor Pyrit, Hämatit, Chromit, Ilmenit, Augit, Talk und Gips. Die rötliche Farbe stammt wahrscheinlich vom Eisengehalt. Diatomeen und andere organische Materie sind oft in beträchtlicher Menge vorhanden.

Nach chemischen Analysen stimmt die Zusammensetzung des in Europa gefallenen Passatstaubs ziemlich überein mit derjenigen des bei Tunis gefallenen und der des geschlammten Wüstensandes selbst. Auffallend ist in dem europäischen Passatstaub der grosse Aluminiumgehalt, der wohl durch lokale Beimengungen zu erklären ist.

Die Quantität des am 9.—12. März 1901 gefallenen Staubes wurde an verschiedenen Stellen in Europa gemessen. Man fand 1 bis 11,23 g pro qm. Die Werte waren am grössten in Südeuropa und nahmen nach Norden zu ab. Nach HELLMANN und MEINARDUS wurden von diesem Staubfall 300 000 Quadratmeilen Land und 170 000 Quadratmeilen Wasser betroffen. Die Menge betrug durchschnittlich 4780 kg pro qkm oder 4,78 g pro qm. Bei einer mittleren spezifischen Schwere von 2,0 würde das 2,39 ccm pro qm Oberfläche entsprechen oder einer Schicht von 0,239 mm Dicke. Nimmt man nun an, dass ein derartiger Staubsturm alle 5 Jahre einmal auftritt, oder dass die totale Staubanhäufung der weniger heftigen Stürme im Laufe dieser 5 Jahre ebenso gross ist, so ergibt das im Jahrhundert eine Schicht von 4,78 mm oder in den 3000 Jahren, während deren wir von dem Auftreten solcher Staubstürme wissen, eine Erhöhung des Bodens um 15 cm durch Wüstenmaterial, wobei dieser Durchschnittswert für Südeuropa zu vergrössern, für Nordeuropa zu verkleinern ist.

Abgesehen von diesen extrem starken Staubfällen findet auch fortgesetzt ein unmerklicher Absatz von feinsten Staubpartikelchen statt, was ja aus der wohlbekanntesten Tatsache hervorgeht, dass Gegenstände, die längere Zeit ruhig an einem Ort stehen, sehr bald „verstauben“. Über die Menge dieses Staubs lassen sich schwer genaue Daten angeben. 1902 fand BLACK in Edinburgh, dass in einem Regenschirm, der eine Trichteröffnung von 6 Zoll Durchmesser besass, pro Monat 1,62—10,37 g Staub abgesetzt wurde. Abgesehen von einigen extremen Maximalwerten betrug der Durchschnitt 2,74 g pro Monat, oder 150 g pro qm und Monat oder 1,8 kg pro qm und Jahr. Dieser Wert entspricht ungefähr einer Staubschicht von 0,04 cm Dicke im Jahr.

Besonders auffällig wird der Staubabsatz in schneebedeckten Gegenden. NORDENSKJÖLD fand auf dem Eis von Grönland einen Absatz, den er für ein neues Mineral hielt und Kryokonit nannte. Er schrieb diesem kosmischen Ursprung zu; HOLST und LASAULX zeigten aber später, dass es sich hierbei nur um eine Mischung ge-

wöhnlicher Mineralien handle, die von den Felsen der Küste und anderen exponierten Stellen herstammten und durch den Wind auf das Eis geblasen worden seien.

Der Staub, wie er sich im Hause absetzt, besteht nicht nur aus organischen Teilchen, Russ, Asche usw., sondern er enthält auch Quarz, Augit, Turmalin, Olivin, Zirkon, Feldspat, Epidot, Magnetit, Limonit, Zoisit, Kalzit u. a.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass Steine und andere Gegenstände, die auf dem Boden liegen, allmählich unter der Oberfläche verschwinden. Diesen Prozess schrieb DARWIN der Tätigkeit von Würmern u. a. Tieren zu, KINAHAN der allmählichen Anhäufung abgestorbener Pflanzensubstanz. Wahrscheinlich spielt hierbei aber auch der Absatz von festem Material durch Regen und Wind eine sehr grosse Rolle.

Der atmosphärische Staub, d. h. jene feinsten Partikelchen, die eigentlich fortwährend in der Luft suspendiert bleiben und die man z. B. beobachten kann, wenn man ein Lichtbündel in ein dunkles Zimmer fallen lässt, besteht vorwiegend aus organischer Materie, lebenden Bakterien und Sporen, Pollenkörnern, Diatomeenbruchstücken usw. Das Überwiegen dieser Teilchen ergibt sich aus dem geringen spezifischen Gewicht und der im allgemeinen unregelmässigen Gestalt, wodurch das Verhältnis $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Masse}}$ sehr gross wird. Mineralkörner sind schwerer und nahezu kuglig.

Dazu kommen in Städten noch Russ- und Ascheteilchen, ferner Kochsalzpartikelchen, die namentlich an der See in grösseren Mengen auftreten, so dass bisweilen bei eintretendem Regenfall die ersten Regentropfen sogar dem Geschmack salzig erscheinen. Du Bois schätzt den jährlichen Betrag von NaCl, der auf den Dünen von Holland abgesetzt wird, auf mindestens 6 000 000 kg.

Bisweilen kann man sogar einen Regen von festen Salzkristallen beobachten, wie am 25. Juli 1878 zu Mantua.

Für die genaue Sammlung und Prüfung des atmosphärischen Staubes gibt es noch keine einwandfreie Methode. Immerhin kann man feststellen, dass der Staubgehalt der Luft ziemlich erheblichen Schwankungen unterworfen ist.

Der Staubgehalt der Luft ruft verschiedene optische Effekte hervor. Verfasser schreibt die blaue Farbe des Himmels dem in der Luft suspendierten Staub zu, die Brillanz mancher Sonnenauf- und -untergänge werden wohl sicher durch das Vorhandensein grosser Staubmengen verursacht, ebenso soll die teilweise Polarisation des Lichts an den Wolken durch den Staub verursacht werden. Praktisch am wichtigsten ist die Verminderung der Durchsichtigkeit der Atmosphäre durch den Staub, eine Erscheinung, die besonders augenfällig wird bei grossen Wald-, Prärie- und Moorbränden, ferner bei grossen Vulkanausbrüchen.

Auch Staub kosmischen Ursprungs findet sich in geringen Mengen in der Atmosphäre. Die Erde trifft täglich auf 100 t meteorischer Massen, von denen nur ein kleiner Teil die Erdoberfläche erreicht. Die anderen werden in der Luft zerstört, und das Produkt dieser Zerstörung ist feiner Staub. Hiervon stammt wahrscheinlich ein Teil der magnetischen Teilchen, die sich in atmosphärischem Staub vorfinden.

An einigen Stellen kann man heutzutage beobachten, dass sich durch Wind transportiertes Material in grösseren Mengen absetzt. Solche „äolischen Böden“ besitzen keine besonderen Merkmale. Auffällig ist nur die ungewöhnliche Gleichartigkeit des Materials und die geringe Grösse der einzelnen Körnchen.

Auch aus der geologischen Vergangenheit sind solche äolischen Absätze bekannt und hierunter ist weitaus am wichtigsten der diluviale Löss. Zwar betont der Verfasser, dass Löss ebenso wie Sandstein und Schiefer durchaus kein eindeutiger Absatz sei, für die meisten Lössvorkommnisse nimmt aber er wie auch die Mehrzahl der amerikanischen Geologen jetzt auch äolischen Ursprung an. Dass die Lössabsätze entlang den grossen Strömen so mächtig sind, ist dadurch zu erklären, dass am Wasser gewöhnlich die Vegetation dichter ist und dadurch mehr akkumulierend wirken kann. Nach dem Verfasser ist der Löss glazial insofern, als seine Bildung unmittelbar einsetzt, wenn das Eis seinen Maximalstand überschritten hat. In Nordamerika trifft man häufig Wechsellagerungen von Löss mit randlicher Drift und Grundmoräne von unzweifelhaft glazialen Ursprung. Auch der Verfasser nimmt mehrere zeitlich getrennte Perioden der Lössbildung an. Für Amerika und Europa stammt das Lössmaterial wahrscheinlich aus den Moränen der diluvialen Eiszeit, für China aus den Deflationsprodukten der Wüste Gobi.

Aus vordiluvialer Zeit sind nur wenig Absätze von sicher äolischer Entstehung bekannt, was z. T. daran liegt, dass man äolische Absätze oft schwer als solche erkennen kann. Am besten gelingt das noch bei Dünenbildungen. Die besten Beispiele für fossile Dünen sind nach FREE der St. Peter- und Sylvania-Sandstein am nördlichen Mississippi. Eine ähnliche Entstehung schreibt WILSON dem Bande grauer Sandsteine zu, das sich quer durch Ontario von den Niagarafällen bis Collingwood erstreckt, und HUNTINGTON und GOLDTHWAIT den (wahrscheinlich permischen) Kanab- und Colob-Formationen des südwestlichen Utah und nordwestlichen Arizona. Aus der Ähnlichkeit mit einigen rezenten äolischen Kalksteinen in Indien hält EVANS eine äolische Entstehung des Great Oolith in England für möglich. Der triassische, Reptilien führende Sandstein von Elgin (Schottland), die triassischen Schichten von England überhaupt, der Hawksbury-Sandstein von Australien, der Sandstein von Rambouillet (Frankreich) und der kretazische Nubische Sandstein von Ägypten, alle diese Absätze besitzen Anzeichen für eine äolische

Entstehung, aber in keinem Falle ist diese unzweifelhaft. Alte, von Löss überlagerte Dünen kennt man von Jowa und wahrscheinlich pliozäne Dünen von der Nordküste Afrikas. Arides Klima nimmt GOODCHILD an für die Entstehung des Old Red Sandstone in England, nach PASSARGE war das mesozoische Klima von ganz Südafrika ein trockenes; SUESS nimmt für die permischen Schichten des Bassins von Rössitz (Ungarn) einen terrestrischen Ursprung an, MATTHEW und LOOMIS glauben, dass gewisse Tertiärablagerungen von Nebraska Absätze von Wüstenlöss darstellen, und BARRELL schreibt der Mauch-Chunk-Formation in Ost-Pennsylvanien einen semiariden Ursprung zu, was WHERRY bestätigt auf Grund des Vorkommens eines Minerals, Carnotit, von dem man weiss, dass es sich nur in trockenen Gegenden bildet. Das beste Beispiel für Absätze in trockenen Gebieten sind wohl die Gesteine der germanischen Trias. Die Keupermergel hält der Verfasser für äolische Lössabsätze in Gebieten, die an Wüsten angrenzten.

In dem letzten grösseren Kapitel beschäftigt sich der Verfasser mit vulkanischem Staub. Dieser hat überall das gleiche Aussehen. Unter dem Mikroskop sieht man feine, unregelmässig gestaltete Bruchstücke glasigen Materials, die oft eine derartige Krümmung aufweisen, dass man sie für Bruchstücke einer Glasblase halten muss. Auch die Bruchstücke selbst enthalten oft noch kleine Hohlräume. Der Staub gleicht im allgemeinen jenem, wie man ihn erhält, wenn man Bimssteine pulverisiert, und wahrscheinlich entsteht auch ein Teil des Staubs durch die gegenseitige Reibung der Bimssteinstücke bei der Eruption. Die grössere Menge wird aber wohl dadurch gebildet, dass der in der Lava eingeschlossene Wasserdampf die Lava zerstäubt.

Neben diesen glasigen Teilchen kommen auch Bruchstücke von Mineralien vor, namentlich Plagioklase, rhombische und monokline Pyroxene (Augit und Hypersthen) und Magnetit. Hornblende und Olivin sind weniger häufig. Das Material, das vom Vesuv und Mont Pelée stammt, enthält auch Leuzit. Pyrit wurde in dem vulkanischen Staub des Krakatau gefunden. Gelegentlich kommt auch Bleiglanz (wohl als sekundäre Bildung) vor, ferner Zirkon und Apatit.

Von Wichtigkeit für den Ackerbau ist namentlich der Kaliumgehalt des vulkanischen Staubs. Der Gehalt an K_2O geht selten unter 1%, gewöhnlich sind 1—2,5% K_2O vorhanden. Daneben ist äusserst wichtig der Phosphorgehalt mancher vulkanischen Staubmassen. Infolgedessen werden vulkanische Staubmassen im allgemeinen einen ausgezeichneten Ackerboden erzeugen, zumal die lockere Struktur des Bodens das Wachstum noch befördert. In der Tat sind die meisten Gegenden, die heute noch vulkanische Tätigkeit aufweisen, als äusserst fruchtbar bekannt. ROWE empfiehlt direkt den vulkanischen Staub als natürliches Düngemittel.

Im allgemeinen muss man die Tätigkeit des Windes als günstig für den Ackerbau bezeichnen. In extremen Fällen kann der Wind aber auch empfindlichen Schaden zufügen, indem er von bebauten Ländereien derartig viel Bodenmaterial wegbläst, dass dadurch das Wurzelwerk der Pflanzen frei gelegt wird und schliesslich die Pflanzen selbst fortgeblasen werden. Noch grösser ist aber in diesen Gegenden der Schaden auf jenen Feldern, wo das fortgeführte Material abgelagert wird, weil dort einmal die Pflanzen verschüttet und dadurch zum Absterben gebracht werden und weil andererseits durch die schneidende Tätigkeit der fliegenden Sandkörner die Gewächse erheblich geschädigt werden. Durch die Kultivation wird natürlich der Boden noch stärker dieser Wirkung des Windes ausgesetzt. Verfasser empfiehlt deshalb bei der Kultivierung solcher Gegenden, wo Winderosion zu befürchten ist, die ursprüngliche Vegetation so lange wie möglich stehen zu lassen und den Beginn der Bebauung möglichst nicht in die Zeit der heftigsten Winde zu legen. Dann sollte man zwischen langsam wachsenden Pflanzen senkrecht zur Hauptwindrichtung Streifen mit schnellwachsenden Pflanzen, die ein gutes Wurzelwerk haben, besetzen, eventuell Streifen der ursprünglichen Vegetation bestehen lassen.

In solchen Gegenden sollte man auch ganz von der Benutzung staubförmigen Düngers absehen. Wo die Benutzung anderen Düngers nicht angängig ist, muss man das Land durch aufgelegtes Strauchwerk schützen oder überhaupt jede Düngung unterlassen.

Statt der Sommerbrache, die auch Winderosion begünstigt, kann man in manchen Fällen das betreffende Land mit Hülsenfrüchten besetzen und diese nachher untergraben; dadurch wird Winderosion verhindert, dem Boden organische Substanz zugefügt, wodurch auch eine grössere Stabilität erzeugt wird, und der Boden zugleich gedüngt durch die Zufuhr von Stickstoff.

Wo Wasser reichlich zur Verfügung steht, kann man durch reichliche Bewässerung einen wirksamen Schutz gegen die schädlichen Wirkungen des Windes erreichen.

In manchen Fällen kann man endlich Buschreihen, Zäune usw. senkrecht zur Windrichtung als Windbrecher aufführen, was aber immer einen ziemlichen Landverlust bedeutet, zumal immer mehrere Reihen hintereinander vorhanden sein müssen, da eine einzelne Reihe oft mehr schadet als nützt.

Das Werk schliesst mit einem Literaturverzeichnis von ca. 2500 Nummern, an dessen Zusammenstellung namentlich auch S. C. STUNTZ mitgewirkt hat; in diesem sind alle Werke — von Homer an — aufgeführt, die sich in irgend einer Weise mit der Tätigkeit des Windes befassen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Stamm Kurt

Artikel/Article: [Die Wirkungen des Windes und seine Bedeutung für den Ackerbau 360-373](#)