

Über den Staub.

Von

Dr. Alfred Rodler.

Vortrag, gehalten den 13. Februar 1889.

In unserer staubberüchtigten Stadt weiß jedermann, was Staub ist. Auf dieses Wissen muss ich mich berufen, denn ich fühle mich außer Stande, eine Definition des Staubes zu geben. Gemeiniglich wird die Gesammtheit aller in der Luft längere oder kürzere Zeit schwebend erhaltenen geformten Bestandtheile, die nicht aus Wasserdampf bestehen, Staub genannt. Diese Definition leidet aber an manchen Fehlern. Vor allem ist die Ausschließung des Wasserdampfes nicht gerechtfertigt, so sehr sich dieselbe auch aus praktischen Gründen empfiehlt. Erstens wirkt der Wasserdampf in physikalischer, insbesondere in optischer Beziehung wie Staub, zweitens ist es nach Aitkens Forschungen höchst wahrscheinlich, dass sich Wasserdampf nur dann condensiert, wenn er einen Kern findet, dass also der Gehalt der Luft an geformtem Wasserdampf in Zusammenhang steht mit dem Gehalt der Luft an Staub in gewöhnlichem Sinne. Endlich gibt es wirklichen, ganz charakteristischen Schneestaub und Eisstaub. Die Polarfahrer wissen davon zu erzählen.

Aber auch wenn wir die Ausscheidung des Wasserdampfes aus dem Staube zugeben, bleibt unsere Definition immer noch schief. Der Staub schwebt nicht

in der Luft, sondern aller Staub sinkt in der Atmosphäre mit größerer oder geringerer aber wohl berechenbarer Geschwindigkeit. Der Staub bewegt sich nicht durch die Luft, sondern mit der Luft. Daraus erhellt schon, dass unsere Definition eine bestimmte Luftgeschwindigkeit voraussetzt. Führen wir in unsere Definition keine Beziehung auf den Bewegungszustand der Luft ein, dann gehören die entwurzelten Baumstämme und die Ziegelsteine, die ein Orkan entführt, gleichfalls unter den Begriff Staub.

Unser Straßenstaub, mit dem wir uns ohne Definition abfinden wollen, gewährt, mit Lupe und Mikroskop betrachtet, ein nach den Jahreszeiten wechselndes, aber stets sehr mannigfaltiges Bild. Als Beispiel sei nach Assmann und Flögel die Zusammensetzung eines Hamburger Staubes angeführt, welcher trotz der vielen absonderlichen Dinge, die er enthält, ganz gut als für unsere mitteleuropäischen, von Feldern und Gärten umgebenen Städte normal gelten kann.

Flögels Staubprobe enthielt: Infusorien und Algen, Bacillen verschiedener Art, Milben, Diatomeen, Pilzsporen, Pilzfäden, Wollfäden, Mäusehaare, Insectenlarven, Schmetterlingsflügel, Baumwollfäden, Grasgrannen, Stroh, Epidermis von Gräsern, Pollen, Kartoffelmehl, Holzzellen, Quarzkörner, Glimmerplättchen, Dachziegelfragmente, Rußkörner, Salzkriställchen und daneben noch eine Fülle unkenntlicher Dinge. Wie Sie sehen, stellt eine solche Staubprobe ein wahres naturhistorisches Museum dar, alle drei Naturreiche sind

ausgiebig vertreten. Wir können in dieser Mannigfaltigkeit den Ausdruck der Thatsache erblicken, dass alle irdischen Dinge, anorganische wie organische, einem steten Abnützungsprocesse unterliegen. Alle Thätigkeit, alle Bewegung auf Erden schafft Staub, der Wind, der durch den Wald rauscht, so gut wie die Brandungswelle, deren Gischt in der Luft zerstäubt, so gut wie jede Bewegung des Menschen. Unablässig gelangen feinste Fragmente von unserer Kleidung in die Atmosphäre, und in großen Städten liefern die Schüppchen, die sich von unserer Epidermis ablösen, gewiss keinen unbeträchtlichen Antheil des Staubes. Die schon bei alten Physikern zu treffende Vorstellung, jeder Körper sei von einer Aura, einem Lufthofe umgeben, der aus feinsten staubförmigen Theilen seiner Substanz bestehe, ist nicht so unberechtigt, wie es scheinen könnte. Der Umstand, dass wir Metalle riechen, nöthigt uns zu der Annahme, dass auch von diesen Substanzen feinste Theilchen in die Luft und auf unsere Riechschleimhaut gelangen.

Aber auch wenn wir nur an den Staub im Sinne des Sprachgebrauches denken, lässt sich der Satz aufstellen, dass der Staub allgegenwärtig ist. In das Laboratorium Pasteurs wurden Luftproben von den höchsten Schneeregionen des Montblanc gebracht. Sie erwiesen sich ziemlich reich an Staub. Der amerikanische Physiker Langley, der sich behufs spektroskopischer Beobachtungen auf dem Mont Whitney in den Rocky Mountains längere Zeit aufhielt, gab seinem

Erstaunen darüber Ausdruck, wie reichlich auch die klare Luft der Felsengebirge Staub führt. Er kam sogar zu der Ansicht, dass in den höheren Schichten der Atmosphäre eine geschlossene Staubhülle den ganzen Erdball umgibt, gewissermaßen als ein Analogon zu dem vorhin gebrauchten Bilde einer Staubaure. Auf dem Binneneise Grönlands schlägt sich Staub nieder — eine Herleitung desselben aus der Grundmoräne ist zwar versucht, aber nicht außer Zweifel gestellt worden. Auch die Luft über dem Meere ist nie absolut staubfrei.

Haben wir ein Mittel, die Quantität des Staubes in der Luft zu bestimmen? Mit dem sichtbaren Staube des Sprachgebrauches haben wir da leichtes Spiel, wir müssen aber bedenken, dass es daneben noch viel feineren Staub gibt, den wir uns nur unter besonderen Umständen oder auch gar nicht sichtbar machen können. Tyndall hat in einer Reihe systematisch angelegter Experimente gezeigt, welche Menge von bei gewöhnlicher Beleuchtung unsichtbarem Staube sichtbar wird, wenn wir ein Bündel Sonnenstrahlen oder elektrisches Licht in einen verfinsterten Raum einfallen lassen. Sie alle haben sich schon an tanzenden Sonnenstäubchen erfreut, aber auch das müssen noch grobe, plumpe Gesellen sein gegen jene dritte Kategorie von Staubpartikelchen, die Aitken zählbar, wenn auch nicht direct sichtbar gemacht hat. Aitkens ingeniose Methode beruht darauf, dass er um diese feinsten Staubkörperchen Wasserdampf zur Condensation bringt. Gestatten Sie die Angabe etlicher auf diese Weise

von ihm gefundenen Zahlen. Aitken fand zu Edinburgh in 1 *ccm* Luft im Freien bei Regen 32.000 Staubpartikel, bei heiterem Wetter 130.000. In der Mitte eines großen Saales zählte er in einem gleichen Luftquantum 1,860.000, in der Nähe der Wände dieses Saales 5,420.000 und über einem Bunsen'schen Brenner 30,000.000 Staubkörner. Wie Sie sehen, sind das ganz enorme Zahlen. Der Staubgehalt der Luft wechselt nach den Jahreszeiten und den meteorologischen Verhältnissen, der Regen z. B. fällt den Staub gewissermaßen, er wäscht die Luft. Ich muss es mir aber versagen, auf diese von Tissandier eingehender studierten, namentlich in hygienischer Hinsicht wichtigen Verhältnisse einzugehen.

Im Folgenden soll nur von dem Staube im Sinne des Geologen die Rede sein. Wir wollen also die organischen Bestandtheile des Staubes außeracht lassen und auch die geschilderten kleinsten Staubtheilchen von unserer Betrachtung ausschließen. Auch von dem größeren Materiale wollen wir nicht sprechen, das wohl zuweilen durch den Wind gehoben, im großen und ganzen aber doch nur auf dem Boden fortgeschoben wird. Hieher gehört z. B. der Sand der Dünen.

Den Übergang vom organischen zum anorganischen Antheile des Staubes vermitteln uns der Ruß und die Asche, welche durch den Verbrennungsprocess in gewaltiger Menge in die Luft gelangen.

Sie wissen aus den letztjährigen Vorträgen von Prof. Toulou „über die Steinkohle“, welche kolossale

Mengen von diesem Brennstoffe allein alljährlich produziert und verbraucht werden. Die britischen Inseln fördern jährlich über 160 Millionen Tonnen Steinkohle. Die Stadt London verbraucht im Jahre 150 Millionen Centner davon. Die Verbrennungsproducte sind es, welche den charakteristischen Nebel der englischen Industriezentren bedingen. Wie innig dieser Zusammenhang ist, das haben namentlich die systematischen Erhebungen gezeigt, welche von dem Comité zur Beseitigung der Rauchplage in den letzten Jahren in England durchgeführt wurden. Man kann recht gut zwischen einem gewöhnlichen, einem „meteorologischen“ Nebel und einem „Industrienebel“ unterscheiden. Bei der schweren Schädigung, welcher die menschliche Gesundheit und auch die Bauwerke durch den letzteren ausgesetzt sind, ist es begreiflich, dass man unausgesetzt auf Mittel zur Abhilfe sinnt. Es ist schwer, die Luft über einer Großstadt durch elektrische Schläge, durch künstliche Gewitter zu reinigen, und so wird man sich wohl begnügen müssen, vor allem durch größere Ökonomie in der Ausnützung des Brennstoffes das Übel einzuschränken.

Auch gewisse primitive Methoden der Bodencultur erzeugen Rauch und Lufttrübungen, die für weite Landstriche charakteristisch sind. Das Moorbrennen an der Ems und in einigen anderen Gegenden der Nordseeküsten erzeugt den in Nord- und Mitteldeutschland allgemein bekannten Moorrauch. Bei uns im Süden gilt aber gar vieles als Moorrauch, was entschieden

auf andere, näher liegende Ursachen bezogen werden muss. So sind insbesondere die dem Alpenwanderer wohlbekanntem, in manchen Jahren und zu gewissen Jahreszeiten mit unangenehmer Beständigkeit auftretenden Lufttrübungen im Hochgebirge, namentlich in den breiten Thälern desselben, gewiss nicht auf Moorrauch zurückzuführen. Selbst ein so genauer Kenner der Alpengatur wie Tyndall muss es aber unentschieden lassen, ob diese Trübungen etwa durch Vorgänge in der Vegetation, vielleicht durch die Heuernte bedingt sind, oder ob sie ein Analogon zu dem „brouillard sec“, dem Trockennebel der Steppen und Wüstengebiete vorstellen. D'Abbadie folgt letzterer Erklärung für die *qobar* genannten Lufttrübungen der Gebirge Abessyniens. Ähnliche Erscheinungen wie die Brandwirtschaft auf den Mooren des Emslandes und anderwärts rufen die Feuer hervor, die in den Weingegenden Frankreichs und Westdeutschlands zum Schutze der Reben gegen Frost angezündet werden. Dass sich solcher Rauch rasch und weit verbreitet, wissen wir von einzelnen großen Bränden. Assmann erzählt, dass nach einem großen Waldbrande durch den ganzen Herbst 1829 dicker Nebel fast ganz Nordamerika bedeckte. Der Geologe Clarence King erzählt, dass nach dem Brande von Chicago mehrere Tage hindurch die Luft auf den Hochlanden des amerikanischen Westens getrübt war.

Weitaus die größte Masse des Staubes entstammt dem Felsgerüste der Erde, ist Verwitterungsstaub. Über die Art und Weise, wie der Verwitterungsprocess

auf mechanischem und chemischem Wege vorsichgeht, war in diesem Saale schon mehrfach die Rede. Wir wollen aus der Verwitterungslehre nur ein paar für die Staubbildung wichtige Gesichtspunkte herausgreifen. Vergleichen Sie zwei Gesteine miteinander, ein Stück Obsidian und ein Stück unseres bekannten Wiener Sandsteines. Der Obsidian ist ein vulcanisches Glas, der Sandstein ein klastisches Gestein, d. h. ein aus nachträglich miteinander verbundenen Gesteinstrümmern zusammengesetztes Gebilde. Der Obsidian ist das Prototyp einer compacten, mechanisch und chemisch einheitlich zusammengesetzten Felsart. Die Bestandtheile des Sandsteines sind dagegen von der verschiedensten Natur und der verschiedensten Größe, verbunden durch ein thoniges Bindemittel. Sie sehen leicht ein, wie ungleich rascher der Sandstein zu Staub zerfallen wird als der Obsidian. Zwischen den einzelnen Sandsteinpartikeln findet das Wasser überall Wege, um seine lösende und spülende Thätigkeit zu entfalten. Die verschiedene Wärmecapacität der Elemente des Sandsteines bedingt verschiedene Ausdehnung und Zusammenziehung derselben und somit eine Auflockerung des Gefüges. Der Obsidian dagegen kann beinahe nur durch Zerdrücken oder Zerreiben zu Staub gemacht werden, der chemischen Verwitterung ist er nahezu unzugänglich. Zwischen den beiden, durch unsere Beispiele repräsentierten Extremen bilden nun alle Gesteine eine Reihe hinsichtlich ihrer Eignung zur Staubproduction. Sie sehen, dass es da auf recht vielerlei Dinge ankommt,

auf die Porosität der Felsart, auf die chemische Zusammensetzung derselben, auf die Art, Form, Größe und Farbe der einzelnen Gesteinsbestandtheile. Im allgemeinen können wir aber die Regel aufstellen, je klastischer ein Gestein, desto leichter zerfällt es zu Staub. Unser Wiener Staub liefert dafür einen sehr lehrreichen Beleg. Man glaubte lange Zeit, dass derselbe auf den Granit unseres Straßenpflasters zurückzuführen sei, und es wurden Stimmen laut, welche die Abschaffung dieses Pflastermaterials forderten. In einem Vortrage, den Prof. Sueß vor nunmehr 25 Jahren in diesem Vereine hielt, wurde aber gezeigt, dass nicht der Granit des Pflasters, sondern der Sandstein des Wienerwaldes der Hauptlieferant des Wiener Staubes ist. Damit war das Granitpflaster gerettet, gleichzeitig aber musste man zu der Erkenntnis kommen, dass wir keine Aussicht auf Erlösung von der Staubplage haben, so lange die Hügel des Wienerwaldes bestehen, und so lange West die vorherrschende Windrichtung ist.

So viel über die mineralogischen Factoren bei der Staubbildung. Ebenso wichtig sind jedoch die klimatischen Bedingungen. Je größer die tägliche und die jährliche Temperaturschwankung, desto rascher schreitet die Verwitterung vor. Gesellt sich nun noch der Umstand dazu, dass das Klima Vegetationslosigkeit bedingt, so werden der Denudation immer frische Oberflächen geboten, an denen sie angreifen kann, wenn der Wind den Detritus hinweggeschafft hat. Alle diese Bedingungen treffen nun für einen großen Theil unserer Erde

zusammen, und wir können in einem gewissen Sinne von einer großen Staubzone der Erde reden. Die Staubregion der alten Welt reicht ununterbrochen von den Ufern des stillen Weltmeeres aus China, durch die innerasiatischen Wüsten über das iranische Hochland und Arabien, durch die libysche Wüste und die Sahara, bis an die Gestade des atlantischen Oceans. Staubreichthum ist ein charakteristischer Zug aller Wüsten und Steppengebiete, er ist am bedeutendsten dort, wo die klimatischen Factoren Gesteine finden, die im besonderen Maße zum Zerfalle geeignet sind. So entstammt, wie besonders Zittel dargethan hat, der Staub der Sahara zum größten Theile der libyschen Wüste, in welcher der mürbe nubische Sandstein das verbreitetste Gestein ist. Ein ähnlicher Sandstein, der Karroosandstein, liefert das Material für den Flugsand der Kalahari.

In den asiatischen Steppen und Wüsten ist der Staub hauptsächlich Lößstaub. Der Löß, ein feiner sandiger Lehm, der in China und Innerasien eine Mächtigkeit bis zu Tausenden von Fußern erreicht, war lange ein räthselhaftes Gebilde, über dessen Entstehung man sich keine Vorstellung machen konnte. Richthofen hat gezeigt, dass der Löß ein äolisches Product ist, einfach aus der Luft abgesetzter Staub. An Bauwerken hat man Gelegenheit, sich einen Maßstab über das Tempo dieser Ablagerung und Umlagerung zu bilden. Layard erzählt in seinem Berichte über die Ruinen von Niniveh, wie stellenweise zu

Kuyundschik die Ruinen von mehr als 20 Fuß mächtigen Staubabsätzen bedeckt sind. Andererseits fand Richthofen in China alte Gebäude durch den Wind bis auf die Fundamente bloßgelegt. (In unserem Jahrbuche für 1885 finden Sie in einem Vortrage Tietzes „über Steppen und Wüsten“ Näheres über die Lößfrage.) Erst durch Richthofen ist dem Staube die gebührende geologische Wertschätzung geworden.

In den Lößländern Asiens ist der Staub das hervorragendste physiognomische Moment der Landschaft. Alles überzieht er mit seinem einförmigen matten Gelb. Gelb sind die Städte, gelb sind die Bäume und gelb ist auch der Reisende, der uns begegnet. Die Luft ist stets trüb, bald liegt nur ein feiner Schleier über der Landschaft, bald ist die Luft so stauberfüllt, dass völlige Dunkelheit eintritt. Johnsons Reisebericht über Khotan schildert eine solche Dunkelperiode sehr anschaulich. Tagelang erfüllte Lößstaub die Atmosphäre, so dass Johnson auch um die Mittagszeit feineren Druck nur bei künstlicher Beleuchtung lesen konnte. Die Sonne erschien als eine glanzlose Scheibe.

In den Steppen Persiens hatte ich selbst Gelegenheit, über den Staubgehalt der Luft Beobachtungen zu machen. Zuweilen gieng die Sonne schon trübe auf. Die Berge zeigten verschwommene Contouren, und die Landschaft war von Tagesanbruch an in ein mattes Graubraun gehüllt. Das ist der „brouillard sec“, der trockene Nebel. Manchmal steigerte sich die Trübung

der Atmosphäre im Laufe des Tages, meistens aber verschwand sie gegen Mittag, wenn die Luftströmungen energischer wurden. Dann tritt oft eine andere Erscheinung an die Stelle dieses Staubschleiers. Plötzlich erhebt sich auf der Steppe eine Staubsäule und jagt in rasendem Tempo dahin, bis sie sich verbreitert und auflöst. Dieses Spiel wiederholt sich besonders um Mittag und in den ersten Nachmittagsstunden unzähligemale. Ebenso plötzlich wie solche Staubhosen entstehen oft auch wirkliche Staubstürme. Ich erlebte einen solchen Ende September 1888 am Rande der großen Salzsteppe von Kum. Nur durch zwei oder drei heftige Windstöße angekündigt, brach das Unwetter los. Die Luft war dick mit Staub erfüllt, und es trat derartige Dunkelheit ein, dass ich meinen etwa zehn Schritte vor mir befindlichen Vordermann nicht mehr sah. Nach fünf tollen Minuten war alles vorüber, die Sonne glühte wieder auf uns herunter wie vorher, und nur der Boden der Steppe glich einer Dünenlandschaft. Solche Staubstürme — freilich in ungleich größerem Maßstabe — sind allen Wüsten- und Steppengebieten eigenthümlich. Der Chamsin der Sahara, der die höchsten bisher beobachteten Lufttemperaturen mit sich zu bringen pflegt, ist durch die Schilderungen der Saharareisenden allbekannt. Prschewalski beschreibt Staubstürme aus Innerasien, und ähnliche sind eine Geißel des Flachlandes an den großen chinesischen Strömen.

In den Steppen und Wüsten sind nicht nur die Bedingungen für die Bildung von Staub äußerst günstige,

sondern auch jene für die Fortbewegung desselben. Die große Erhitzung des nackten Bodens schafft im Laufe des Tages locale Luftdruckminima und Cyklonen in kleinem Maßstabe, und im großen herrscht dasselbe Regime der Luftströmungen auch im Laufe des Jahres. Alle Steppen und Wüsten bilden zur kalten Jahreszeit Regionen hohen Luftdruckes im Verhältnisse zu ihrer Umgebung, zur heißen Jahreszeit Gegenden niedrigen Luftdruckes; im ersten Falle strömt die Luft von ihnen ab, im zweiten ihnen zu. Das ist ja auch das bekannte Spiel der Monsune. Alle Wüsten und Steppen haben ihre Localwinde, die die verschiedensten Namen führen — wir wollen uns aber mit der Thatsache begnügen, dass in diesen Regionen unserer Erde aufsteigende Luftströmungen sehr häufig sind. Die Staubhosen sind der Ausdruck räumlich engumgrenzter Wirbel, der Trockennebel der Ausdruck der mit der allmählichen Erwärmung des Bodens Hand in Hand gehenden, kaum merklichen Convectionsströmungen.

So erklärt es sich, dass in dem geschilderten großen Staubgebiete der Erde, das auf der südlichen Hemisphäre und der neuen Welt kleinere Analoga besitzt, ein steter Übergang von Staub in der Luft erfolgt und eine stete Verlagerung. Dass trotz der vielen Wirkungen und Gegenwirkungen diese Verlagerung im Laufe der Zeiten einem ganz bestimmten Endeffecte zustrebt, dafür spricht der Umstand, dass in der That die Sahara nach Westen wandert, und dass sich die Staubregion der alten Welt auch noch über einen Theil

des atlantischen Oceans erstreckt. Seit uralten Zeiten wusste man, dass die Luft in der Gegend der capverdischen Inseln häufig stark getrübt sei. Von diesen trockenen Nebeln erhielt die See hier den Namen des Dunkelmeeres, und die Schiffer vermieden gern diese Meerestheile. Edrisi, der große arabische Geograph, der gelehrte Polyhistor am Hofe zu Palermo, beschrieb um 1160 das Dunkelmeer ausführlich. Er erzählt, wie sehr sich dasselbe durch seine Staubfälle und seine trockenen Nebel von dem Bahr el-Scham, dem Meere des Abends, dem Mittelmeere unterscheide. Ehrenberg hat dann aus alter und neuer Zeit eine Fülle von Daten über Staubfälle und „Blutregen“ in diesem Gebiete gesammelt. Er gelangte zu der Ansicht, der in Rede stehende Staub stamme aus Südamerika, da er südamerikanische Organismen in demselben gefunden zu haben glaubte. Später gab er diese Ansicht als unhaltbar auf und meinte, dass der aus allen Ländern in den höheren Schichten der Atmosphäre angesammelte Staub sich zuweilen in bestimmten Gegenden in Wolken zur Erde senke. Heute ist es außer Zweifel gestellt, dass der große Erforscher der Welt des Kleinen sich im Unrechte befand, und dass die Deutung Darwins die richtige war. Darwin hatte auf der „Beagle“-Reise gefunden, dass der Passatstaub in der Nähe der afrikanischen Küste gröber werde, und er leitete ihn deshalb aus der Sahara her. Hellmann verdanken wir die Entscheidung der Frage. An der Hand eines völlig einwurfsfreien Materiales — Auszügen aus

den Logbüchern von 1196 englischen Schiffen, welche in den Jahren 1854—1871 die Meerestheile zwischen dem 10. und 40. Grad W. Greenw. und dem 20. Grad N. bis 10. Grad S. passierten — konnte er den Nachweis führen, dass die Quelle für den Staub des Dunkelmeeres die Sahara sei. Später ergänzte eine Arbeit aus der deutschen Seewarte von Capitän Dinklage die Hellmann'schen Ausführungen durch die Verwertung der Beobachtungen deutscher Schiffe. Es stellte sich heraus, dass die räumliche und zeitliche Vertheilung der Staubfälle sich sehr enge an den Nordostpassat anschließt. Mit dem Gebiete des vorherrschenden Nordostpassats begrenzen sich auch die Staubfälle. Zwischen Staubfällen und Trockennebeln besteht ein inniger Zusammenhang, der namentlich durch eine Anzahl gleichzeitiger Beobachtungen von Schiffen erwiesen wurde, deren Course in verschieden großer Entfernung von der Küste lagen. Das der Küste nächste Schiff verzeichnete in einem solchen Falle einen dichten rothen Staubfall, der Planken und Takelwerk bedeckte, das Journal des nächst weiteren Schiffes spricht von einem Staubfalle, bemerkt aber, es sei schwierig gewesen, größere Quantitäten von dem Staube zu sammeln, und der küstenfernste Segler endlich beobachtete nur Lufttrübung „dry haze“ ohne Staubniederschlag. Aus den Gewässern in unmittelbarer Nähe der Küste liegen nur wenige Beobachtungen vor, da Schiffe nur selten hier ihren Course nehmen, dagegen ist die häufige Stauberfüllung der Luft in der westlichen Sahara durch die meteor-

logischen Beobachtungen in der algerischen Sahara bekannt geworden. Die Herleitung des Passatstaubes aus Südamerika, wie sie Ehrenberg wollte, setzte einen constanten Südwestpassat über dem Nordostpassat voraus. Erst in jüngster Zeit hat man sich davon überzeugt, dass ein solcher wenigstens in der einfach schematischen Form der älteren Lehrbücher nicht existiert. Was dieser namentlich von Hann aus mechanischen Gründen bekämpften Lehre den Todesstoß gab, das waren insbesondere Beobachtungen über den Staubtransport in den höheren Luftschichten bei Gelegenheit großer vulcanischer Ausbrüche.

Das führt uns auf eine weitere nicht unerhebliche Staubquelle, auf die Vulcane. Man bezeichnet die staubförmigen Auswurfsmassen derselben gemeinlich als Aschen, es sind aber nicht Aschen im chemischen Sinne, Verbrennungsrückstände, sondern fein zerstäubtes vulcanisches Gestein. Die explosive Wirkung des Wasserdampfes ist jedenfalls die unmittelbare Ursache der Zerstäubung. Daneben tritt jedenfalls der Staub an Menge zurück, welcher durch die Reibung und den Zusammenstoß von tausenden von Steinen in der Rauchsäule über dem Krater erzeugt wird.

Die Quantität von Staub, welche eine Eruption fördern kann, ist oft eine enorme. Sie kennen das Bild der vulcanischen Pinie vom Vesuv; was sind aber diese Staubmengen gegenüber solchen Fällen, wie wir sie vom Tambora, vom Cotopaxi, vom Krakatoa und anderen feuerspeienden Bergen kennen. Der von dem deutschen

Geologen Th. Wolf genau beobachtete Ausbruch des Cotopaxi am 26. Juni 1877 lieferte noch zu Guayquil, 150 englische Meilen von dem Berge entfernt, mehr als 500 *kg* Asche pro Quadratkilometer. Die Gesamtmenge des vom Tambora 1815 ausgeworfenen lockeren Materials wird auf 120 *ckm* geschätzt, die der Krakatoasche vom Jahre 1883 auf 18 *ckm*. Bei dem Ausbruche des Tambora herrschte drei Tage lang völlige Dunkelheit, bei dem so heftigen Ausbruche des Krakatoa nur einen Tag. Dürfen wir daraus schließen, dass wirklich die berechneten Mengen des ausgeworfenen Materials zuverlässig sind? Man hat die anscheinend geringere Materialförderung des Krakatoa auf zweierlei Weise zu erklären gesucht: entweder waren die Producte dieser Eruption zum größten Theile gasförmig, oder aber die Vehemenz der Ausschleuderung war so groß, dass ein bedeutender Antheil der Aschen sofort in die Circulation der höheren Luftschichten gelangte und sich so der Beobachtung entzog. Letztere Annahme wird durch die auf den Krakatoastaub zurückgeführten, fast über die ganze Erde verbreiteten Dämmerungserscheinungen der Jahre 1883 und 1884 gestützt. Dieselben machen wohl die Voraussetzung einer sehr weiten Verbreitung des Krakatoastaubes sehr plausibel.

Die Staubproduction ist überhaupt ein Zeichen großer Energie eines Vulcans. Ruhige Vulcane, wie der Stromboli und der Kilauea, fördern keinen Staub. Begreiflicherweise kommt hier auch die größere oder geringere Flüssigkeit der Lava in Betracht.

Im Laufe der Zeiten können die Staùablagerungen um einen Vulcan sehr große Dimensionen annehmen. David Forbes schätzt die Mächtigkeit der betreffenden Absätze um den Sangay in Ecuador auf 4000 englische Fuß. Ablagerungen vulcanischer Aschen können aber auch in sehr großen Entfernungen von der Erup-tionsstelle zustande kommen. Der Ausbruch des Skaptar Jökull auf Island im Jahre 1783, welcher in ganz Europa Lufttrübungen verursachte, brachte in Schottland, in Norwegen und selbst in Holland Aschen zum Absatz. In Caithness, wo er die Feldfrüchte verdarb, heißt heute noch das Jahr 1783 das „Jahr der Asche“. Der Geologe muss also sorgfältig dem Irrthume ausweichen, bei jeder solchen Ablagerung nach nahe gelegenen Ausbruchspunkten zu suchen. Fast alle Vulcane ragen hoch auf, sie können ihre Producte gleich den höheren Luftschichten übergeben. Hier, wo die Reibung an der Erdoberfläche hinwegfällt, ist die Luftgeschwindigkeit eine beträchtliche und eine rasche Weiterverbreitung des Staubes leicht möglich.

Dank den neueren Arbeiten von Murray, Renard und Judd können wir die vulcanische Provenienz eines Staubes durch die mikroskopische Untersuchung nachweisen. Die genannten Forscher haben gezeigt, dass die schweren Minerale des Staubes in größerer Nähe abgesetzt werden, so Pyroxen, Magnetit u. a. Was am weitesten verbreitet wird, das sind vulcanische Gläser, kleinste Partikel von Bimsstein. Diesen Silicaten fehlen die schweren Basen, unendlich viele Hohlräume

setzen ihr specifisches Gewicht herunter, ihre Form ist meist die von Plättchen mit einer durch den längsten Durchmesser der Hohlräume charakterisierten Längsrichtung und ihre Sprödigkeit gestattet endlich eine weitgehende Zertheilung. Solchen Staub haben Murray und Renard vielfach in den Tiefseesedimenten nachweisen können. Sicher festzustellen war stets die vulcanische Provenienz, unentschieden musste es freilich vielfach bleiben, ob nicht diese Bimssteinfragmente zum Theile auf Zerreibsel von auf der Meeresoberfläche schwimmenden Bimssteinmassen zurückzuführen seien.

Noch einer weiteren Quelle des Staubes in unserer Atmosphäre müssen wir gedenken, über die gerade in den letzten Jahren lebhaft discutirt wurde. Ich meine die Frage nach dem Vorhandensein und der Bedeutung kosmischen Staubes. Schon Arago sprach sich rückhaltslos dahin aus, es müsse aus dem Weltraume Staub in die Erdatmosphäre gelangen, und diese Staubfälle seien nur durch ihre Form von den gewöhnlichen Meteoritenfällen verschieden. An und für sich liegt ja nichts Unwahrscheinliches darin, dass kosmische Materie als Staub zur Erde gelangt. Findet in der That ein Verbrennungsprocess der Meteoriten in der Atmosphäre statt, dann ist nicht einzusehen, weshalb nicht auch die entsprechenden Verbrennungsrückstände dem atmosphärischen Staube beigemengt werden sollten. Daubrée hat sich denn auch mit gewissen Einschränkungen der Ansicht Aragos angeschlossen.

In den Vordergrund trat aber die Frage nach dem kosmischen Staube erst durch Nordenskiöld. Dieser hatte Staub untersucht, der in den weltabgeschiedenen Forsten Finnlands gefallen war, Staub von dem Treibeise bei Parry-Island und endlich jene eigenthümliche von ihm Kryokonit genannte Substanz, die sich als feines graues Pulver auf dem Boden kleiner Vertiefungen im Binneneise Grönlands findet. Er schrieb allen diesen Staubmassen eine gemeinsame Zusammensetzung zu. Besonders charakteristisch erschien ihm das Fehlen von Glimmer und Quarz und die reichliche Vertretung von Eisen und Nickel in diesen Stauben. Im Verwitterungsstaube spielen unter den geformten Bestandtheilen Quarz und Glimmer eine hervorragende Rolle. Körner von Quarz erhalten wegen der schweren Verwitterbarkeit dieses Minerals lange ihre Gestalt, Glimmerplättchen eignen sich durch ihre Form sehr gut zum atmosphärischen Transport. Nordenskiöld hielt aus diesen Gründen die Deutung der in Rede stehenden Staubmassen als Detritus aus dem Urgebirge des Nordens für unmöglich und entschied sich für die Herkunft derselben aus dem Weltraume. Mit dem Unternehmungsgeiste des großen Entdeckers baute er seine Gedanken weiter aus. Er stellte weittragende Speculationen an über die Bedeutung des kosmischen Staubes für eine Volumvermehrung unserer Erde, und eine Menge von Gesteinen, voran den ehrwürdigen alten Granit, bezeichnete er als ursprünglich aus kosmischem Staub entstanden.

Dieses kühne Hypothesengebäude erhielt aber durch nachfolgende Untersuchungen bald einen harten Stoß. Lasaulx wies im Kryokonit den vermissten Quarz und Glimmer nach und er wie auch andere betonten, dass auch das Vorhandensein von Eisen, Nickel und Kobalt, also einer für die Meteoriten charakteristischen Metallgesellschaft im Staube nicht so kategorisch für eine Herkunft desselben aus dem Weltraume spreche, als Nordenskiöld meinte. Eisen und auch Nickel sind ja schon in den verschiedensten Gesteinen, krystallinischen wie sedimentären, nachgewiesen worden. Der Basalt von Antrim (Irland) enthält nicht unbeträchtliche Mengen von Eisen, Buchanan hat in schottischen Gabbros Eisen gefunden, Kobalt und Nickel finden sich in Olivinen vom Ätna. Gediegenes Eisen mit Nickel vergesellschaftet wurde in dem Pläner von Chotzen — einer Ablagerung der Kreideformation — entdeckt, in der Lettenkohle von Mülhausen u. m. a.

Endlich ist auch die Annahme nicht von der Hand zu weisen, dass aus unseren Feuerungsanlagen, aus unseren Locomotiven und Dampfschiffen Eisen in die Luft gelange. Alle unsere Brennmaterialien sind ja auch eisenhaltig.

Den Fall der Reduction des Eisens aus seinen Salzen hat man ja gleichfalls schon in der Natur beobachtet. Auf einem See Smalands, wo Eisenoxydhydrat in steter Bildung begriffen ist, fand man in einem schwimmenden Laubholzstamme ziemlich viel gediegenes Eisen. Wo also organische, sich zersetzende Sub-

stanzen vorhanden sind, da kann eine Reduction des Eisens aus seinen Salzen leicht stattfinden. Auch auf einige andere Schwierigkeiten der Theorie des kosmischen Staubes hat Lasaulx hingewiesen, vor allem auf die so ungleichartige Zusammensetzung der angeblich außerirdischen Staube, die im scharfen Widerspruche zu der allerorts so einheitlichen Beschaffenheit der Meteoriten steht; ferner auf das ganz auffällige Fehlen aller meteorischen Silicate, trotzdem diese in den Meteoriten dem Eisen gegenüber überwiegen.

Mit Erwägungen dieser und ähnlicher Art schien Nordenskiölds Theorie den Todesstoß erhalten zu haben. Sie erhielt aber eine unerwartete Stütze — von ihren Ausschreitungen natürlich abgesehen — durch die Untersuchung der Bodenproben aus der Tiefsee, welche die „Challenger“-Expedition heimgebracht hatte. Murray und Renard haben mit großer Präcision den kosmischen Ursprung gewisser, namentlich in dem rothen Tiefseethon des stillen Weltmeeres nicht seltenen Bildungen nachgewiesen. Sie konnten aus dem „red clay“ mit dem Magneten winzige Kügelchen ($\frac{1}{5}$ mm Durchmesser) ausziehen, welche aus einem Kerne meist von gediegenem Eisen, zuweilen von einer Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt und aus einer Hülle von Magneteseisen bestanden. Das stimmt recht gut mit der Voraussetzung, diese Kügelchen seien Meteoritenfragmente. Bei dem Durchgange durch die Atmosphäre fand eine Oxydation der äußersten Schichte statt — späterhin schützte die Magneteseisenhülle den Kern

vor weiterer Oxydation. Noch beweiskräftiger als die beschriebenen Kügelchen waren solche anderer Art von etwas größerem Durchmesser und rauher Oberfläche, die sich in ihrer Gesellschaft fanden. Sie zeigten die charakteristische radialblättrige Structur gewisser Meteoriten und erwiesen sich als aus Eisen, Kieselsäure und Magnesia zusammengesetzt. Murray und Renard bezeichnen sie als Bronzit. Mit dieser Nachweise meteorischer Silicate ist der Haupteinwand gegen die Annahme kosmischen Staubes hinfällig geworden. Freilich ist die Rolle und die Menge außerirdischen Staubes weitaus keine so bedeutende, als Nordenskiöld annehmen zu dürfen glaubte, und auch einer von anderer Seite aufgestellten Hypothese, der Annahme, dass durch Vermittlung von Meteoriten und von meteoritischen Staubmassen Organismen von anderen Weltkörpern zur Erde gelangen könnten, ist die Beschaffenheit dieser kosmischen Materie keineswegs günstig. Wir werden also gut daran thun, in Sachen des kosmischen Staubes zuzuwarten, bis wir durch neue Entdeckungen Neues lernen. Vielleicht ist diese Erwartung keine vergebliche, denn gegenwärtig steht namentlich in England infolge von Lockyers neuen kosmogenetischen Lehren die Meteoritenfrage im Vordergrunde astronomischen Interesses.

Schon die Betrachtung der Quellen und der Verbreitung des Staubes hat uns gelehrt, dass ihm in der Natur eine größere Wichtigkeit zukommt, als man gemeinlich glaubt. Als noch bedeutsamer erscheint

uns aber die Dignität des Staubes, wenn wir die physikalische Seite des Problems ins Auge fassen. Dem Staube verdanken wir unser diffuses Tageslicht und das Blau des Himmels, nur durch Staub kommen Nebel und Wolken, kommt der Regen zustande. Gäbe es in der Atmosphäre keine lichtbrechenden Fremdkörperchen, so wäre der Anblick des Himmels ein ganz anderer. Von einem schwarzen Himmel würde die Sonne herniederstrahlen, was nicht in ihrem directen Lichte läge — so etwa ein nach Norden gerichteter Raum — wäre dunkel. Viele von Ihnen kennen ohne Zweifel Tyndalls schönes Experiment von der „optisch leeren Röhre“, welches beweist, dass das Licht einen staubfreien Raum passiert, ohne sich zu zerstreuen, und nur dann sichtbar wird, wenn sich das Auge in der Bahn desselben befindet.

Auf Aitkens große Entdeckung, den Nachweis, dass für das Zustandekommen der Condensation des Wasserdampfes das Vorhandensein eines Kernes die Grundbedingung sei, ist freilich eine gewisse Überschätzung der, wenn ich so sagen darf, praktischen Wichtigkeit des Staubes gefolgt. Man malte sich schon das Bild aus, wie über weite Landstrecken hin infolge der Abwesenheit von Staub sich aller Wasserdampf als Thau auf der Erdoberfläche niederschlage. Man hat dabei vergessen, dass Aitkens geniale Laboratoriumsexperimente wohl eine glänzende Erklärung einer ganzen Reihe von Naturerscheinungen geben, aber nicht mehr als das. Ein Beispiel möge dies zeigen. Man

kennt sehr genau die Gesetze, nach welchen sich Wasserdampf condensiert, man weiß sehr genau, in welchem Tempo ein aufsteigender Luftstrom seinen Wasserdampf nach der mechanischen Wärmetheorie abgeben muss. Durch eine meisterhafte Combination von Rechnung und Beobachtungsergebnissen hat Hann den alten Irrwahn von einer unter eigenem Drucke stehenden Wasserdampfatmosfera zerstört, und es ist ein sehr einfaches, an die von Dubois-Reymond geforderte „astronomische“ Kenntniss der Naturerscheinungen heranreichendes Bild, das uns die heutige Niederschlagstheorie zeigt. Die Annahme, dass ein aufsteigender Luftstrom nicht die nöthigen Staubpartikel finde, um gesetzmäßig seinen Wasserdampf zur Condensation bringen zu können, führt uns auf eine physikalische Unmöglichkeit. Wir dürfen auch nach Aitken nur den Schluss ziehen, dass ein feuchter Luftstrom unter allen Umständen die nöthige Anzahl von „Kernen“ für seinen Wasserdampf finde. Aitkens eingangs angeführte Zahlen sprechen übrigens vielleicht an und für sich schon für diese einfache Auffassung.

Zum Schlusse sei noch in aller Kürze des Einflusses gedacht, den der Staub auf das organische Leben unseres Planeten ausübt. Mit dem Staube und als Staub wandern Pflanzensamen und kleinste Organismen von Land zu Land. Mehr als eine Thatsache der Pflanzen- und Thierverbreitung führt auf diesen Erklärungsgrund. Aber auch für das Wohl und Wehe unseres eigenen Geschlechtes ist der Staub ein hochbedeutsamer Factor.

Nach zwei Richtungen wird der unorganische Staub, mit dem wir uns ja in erster Linie beschäftigen, gesundheitswidrig. Einerseits dadurch, dass er die Schleimhäute des Respirationstractes mechanisch oder chemisch reizt und sie dadurch in einen chronischen Entzündungszustand versetzt, andererseits als Träger infectiöser organischer Stoffe. Das Extrem der ersten Kategorie von Staubwirkungen repräsentieren uns die Koniosen, Krankheiten jener Gewerbe, die mit Staub zu hantieren haben. Dass die Erscheinungen hier nach der Art des Staubes recht mannigfaltig sind, ist von vorneherein klar. Der scharfe, kantige Staub der Glas Schleifereien wirkt viel intensiver als der Staub in Kohlengruben. Aber auch wenn wir von diesen Gewerbekrankheiten absehen, denen nur eine beschränkte Anzahl von Menschen ausgesetzt ist, dürfen wir die mechanischen Wirkungen des Staubes nicht zu gering anschlagen. Es ist ganz gut möglich, dass es in manchen Gegenden der Staub ist, welcher Bresche in das gesunde Gewebe der Lungen legt und so der Hauptgeißel unseres Himmelsstriches, der Tuberculose, Eingangspforten öffnet. Freilich liegen auch hier die Dinge nicht so einfach, wie man manchmal glaubt. Gerade die staubreichsten Wüsten- und Steppengebiete der Erde erfreuen sich einer relativen Immunität von Lungenphthise, ein Beweis, dass auch hier viele schwer in ihrer Gewichtigkeit abzuschätzende Factoren zusammenwirken. Der Staub mag in den Steppen- und Wüstengebieten die Hauptursache der hier so häufigen

Entzündungen der Bindehaut des Auges sein. Auf Reizung bestimmter, besonders empfindlicher Partien der äußeren Haut durch Staub ist der in England besonders häufige Schornsteinfegerkrebs zurückzuführen, und eine ähnliche Ursache — Reizung durch feinen Korallensand — liegt vielleicht einer unter den Schiffsmannschaften in den westindischen Gewässern auftretenden Entzündung der Haut über den Kniescheiben zugrunde.

Dass endlich dem Staube auch als Träger spezifischer Infectionserreger unter Umständen eine bedeutende Wichtigkeit zukommen kann, unterliegt keinem Zweifel. Eine Reihe pathogener Pilze ist bereits in der Luft nachgewiesen worden, für andere machen die nosologischen Verhältnisse eine Verbreitung durch die Luft wahrscheinlich. Nur ein Beispiel, das auch ein gewisses geologisches Interesse hat, sei herausgegriffen. Naegeli und eine Reihe anderer Forscher haben es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass aus Flüssigkeiten und von feuchten Oberflächen Pilzstäubchen so lange nicht in die Luft gelangen können, als jene Substrate sich in Ruhe befinden. Nun hat man mehrfach die Beobachtung gemacht, dass auf Bodenumlagerungen größeren Maßstabes, auf große Erdarbeiten, auf Verschiebungen und Umlagerungen des lockeren Bodens, durch vulcanische Ereignisse in Malariagegenden nach langen Ruhepausen plötzlich heftige Wechselfieber-epidemien auftreten. Hirsch hat in seinem classischen epidemiologischen Werke eine Reihe hierher gehöriger

Thatsachen zusammengestellt, neuerdings hat Partsch einen älteren Bericht aus Corfu wiedergegeben, wo die Anlage eines großen Canals bei Kastrades statt der erhofften sanitären Verbesserungen das Auftreten einer nach Zahl und Intensität der Fälle überaus schweren Malariaepidemie zur Folge hatte. Auflockerung und Austrocknung des Bodens begünstigten die Staubbildung, mit dem Staube müssen in solchen Fällen die Malariakeime in die Luft gelangen.

Aus den Streiflichtern, die wir auf die vielseitige Bedeutung des Staubes in der Natur geworfen haben, geht wohl zur Genüge hervor, dass er sein ständiges Attribut, das der Unscheinbarkeit, kaum verdient. Unsere Frauen, die gegen den Staub einen erbitterten Kampf führen, wissen dies sehr gut — mögen die vorstehenden Ausführungen noch die Überzeugung hinzufügen, dass sich von dem Staube, der sich auf unseren Möbeln niederschlägt, Gedankenbrücken schlagen lassen zu den Lößlandschaften Chinas, zu den Vulcanen der Sundastraße, zu den Cirruswolken, die über uns im Himmelsblau dahinsegeln, und hinaus in das unendliche Weltall!

Literaturnotizen.

Im Nachfolgenden soll eine Anzahl wichtigerer Schriften über den Staub und über einzelne, im Vorhergehenden erwähnte Punkte aufgezählt werden, ohne dass dabei Vollständigkeit auch nur im entferntesten angestrebt würde.

Allgemeines:

- Tissandier, Les poussières de l'air. Paris 1877.
Tyndall, Essays on the floating matter of the air. London 1883.
Assmann, Tageblatt der 55. Versammlung deutscher Naturforscher. Eisenach.

Physikalisches:

- Aitken, Proceedings of the R. Society. Edinburgh 1880; 1888.
Nature, vol. 37.
Lodge O. J., British Assoc. Report. Montreal 1884. Nature, vol. 31.

Höhenrauch:

- Lammers, Deutsche Zeit- und Streitfragen, Heft 70.
Alpine Haze. Nature, 1888.

Verwitterung:

- Roth, Allgemeine und chemische Geologie, I. Bd. Berlin 1879.
Geikie, Proceed. R. Soc. of Edinburgh, X., 1879—1886.

Wiener Staub:

- Sueß, Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, 1864.

Wüsten- und Steppenstaub:

- Richthofen, China. I. Berlin 1877.
Tietze, Jahrb. d. geolog. Reichsanstalt, 1877.
Czerny, Peterm. Mittheil., Erg.-Heft 48.
Johnson, Journ. R. geogr. Soc., vol. 37.
Layard, Niniveh and its remains. 3th Ed. London.
Humboldt, Ansichten der Natur.

- Guppy, Nature, vol. 24, 1881.
Zittel, Palaeontographica. XXX. Cassel 1883.
Walther, Verhandl. d. Berliner Gesellsch. für Erdkunde, 1888.
Schläfli, Schweizer Denkschriften, 1864.

Passatstaub:

- Ehrenberg, Berl. Akad. d. Wissensch. 1847.
Hellmann, Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wissensch., 1878.
Dinklage, Annalend. Hydrogr. u. maritim. Meteorologie, 1886.

Vulcanischer Staub:

- Geikie, Text-Book of Geology. London 1885.
Wolf, N. Jahrb. für Mineral., 1878.
Judd, Vulcanoes. (Intern. Scient. Series.) London.
Zirkel, N. Jahrb. für Mineral., 1862.
Symons, The Eruption of Krakatoa and subsequent Phenomena. London 1888.
Murray and Renard, Proceed. R. Soc. of Edinburgh, 1884.
Nature, 1884.

Kosmischer Staub:

- Nordenskiöld, Studien und Forschungen, veranlasst durch meine Reisen im hohen Norden. Leipzig 1885.
Lasaulx, Tschermak's mineralog. und petrogr. Mittheil., III. Bd., 1881.
Schuster, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch., math.-naturwissensch. Cl., Bd. 93, 1886.
Murray und Renard, Proceed. R. Soc. of Edinburgh, 1884.
Nature, 1884.
Lockyer, Nature 38, 1888.

Hygienische Bedeutung des Staubes:

- Nägeli, Sitzungsber. d. math.-phys. Cl. d. k. bayr. Akad. d. Wissensch., 1879.
Renk, in Pettenkofer und Ziemssen, Hygiene. I. 2. Abth., 2. Heft. Leipzig 1886.
Hirt, Krankheiten der Arbeiter. I. Leipzig 1871.

Staub und Malaria:

- Klebs, Pathologie, I. Bd. Jena 1887.
Hirsch, Histor.-geogr. Pathologie, I. Bd., 2. Ausgabe.
-