

processes, bedingt durch die höhere Cultur, freiwillig verlassen zu sein. Die eindringenden Völker aber, welche mit besseren Waffen ausgerüstet waren, haben die Wasserdörfer nicht mehr bewohnt, weil ihre Ueberlegenheit in Waffen und Geräthen das unnöthig erscheinen ließ, die Ansiedlung auf dem Lande aber bequemer und gesünder war. Auf einigen Moorinseln trifft man heute noch eigenthümliche Wälle (nasipi), d. i. eine regelmäßige Erhöhung um einen Ort zu dessen Schutz, welche darauf hinweisen, daß gleichzeitig auch das trockene Land bewohnt war. Es ist überhaupt kein Volksstamm, der sich über große Landflächen ausgebreitet hätte, denkbar, welcher sich nur an oder in den Seen angesiedelt haben sollte, und thatsächlich sind ganz gleiche Werkzeuge, Geräthe und undeutliche Spuren von

Wohnungen auf den Moorinseln gefunden worden. Sehr natürlich ist es jedoch, daß von diesen Ansiedlungen auf dem Lande sich weit weniger Reste bis in die Neuzeit erhalten haben, weil sie nicht durch Wasser, Lehm und Torf geschützt waren.

Da gar keine historischen Nachrichten über die Bewohner der Laibacher Pfahldörfer vorhanden sind, so ist es kaum möglich, die Zeit zu bestimmen, in welcher diese merkwürdigen Wasserhütten bewohnt waren. Ebenso steht die Beantwortung der Frage, welches Volk die Pfahlbauten in unserer Gegend bewohnt haben mochte, mit jener der Bevölkerung in historisch beglaubigter Zeit in Verbindung, insofern diese Wasseransiedlungen in die Zeit der Römerherrschaft hereinreichen. J. P—k.

==== Das Luftschiffproblem. ====

Von

Max Müller.

Unter diesem Titel ist in Band XXIV, Seite 110 ff., ein von mir veröffentlichter Artikel erschienen, in welchem die jüngste Entwicklung dieses Problems in kurzen Zügen geschildert wurde. Es ist in demselben im Wesentlichen der Fortschritt auf diesem Gebiete innerhalb der letzten zwei Decennien vorgeführt. Eine kurze Recapitulation ist jedoch nothwendig, um aus derselben und aus der Schilderung des gegenwärtigen Standes der Flugtechnik ihre Zukunft feststellen zu können.

Erst gegen Ende der Siebzigerjahre und später zu Anfang der Achtzigerjahre ist das Luftschiffproblem in ein ernsthafteres Stadium getreten, weil, es muß dies hervorgehoben werden, von dieser Zeit ab mehrere diesbezügliche geistige Arbeiten zusammengelassen sind, unter welchen auch aus meiner Mitarbeiterschaft einige wichtige Factoren zur Geltung gekommen sind. Die Forschung zur Lösung dieses Problems theilt sich bekanntlich in zwei Richtungen: die Lenkbarmachung des Gasballons und die Schaffung eines dynamischen Flugapparates. Weil aber die Hauptströmung zu diesem letzteren schwenkt, so soll dieser vorerst einer eingehenden Erörterung unterzogen, sein Ziel und wahrer Werth ergründet und dann die Ballonfrage analysirt werden.

Für den dynamischen Apparat, der aus sich selbst heraus sich erheben und fliegen soll, wurden für den Auftrieb bekanntlich zwei der wichtigsten Factoren aufgestellt, und zwar die Fläche des Apparates in eine schiefe Ebene nach dem Muster des Drachenaufstieges, also in einen Winkel von 50 bis 60 Grad einzustellen und für

die Hebung desselben die bekannte Weisbach'sche Formel festgestellt; nämlich die Einheit, daß eine Pferdekraft 75 Kilogramm pro Meter und Sekunde hebt. Da aber diese Auftriebtheorie zu vielen Irrthümern geführt hat, war es nothwendig, dieselbe durch eine bessere zu ersetzen. Das geschah nun, indem ich die Flächen in einen Winkel von 15, höchstens 20 Grad einzustellen empfohlen habe und für den Auftrieb eine Gewichtseinheit von ein Kubikmeter Luft und ein Quadratmeter Flächeninhalt, beide rund angenommen mit $1\frac{1}{4}$ Kilogramm berechnet, wobei die physikalischen Bestimmungen der Wagschale zu gelten haben. Die Tragflächen müssen nämlich immer so viel Luft comprimiren, damit diese ein größeres Gewicht aufweist als die Flugmaschine, wodurch letztere als leichter Körper in die Höhe gehen muß. Diese neue Auftriebtheorie wurde aber erst nach dem Fiasco des Segelrades (August 1894) anerkannt, weiter verfolgt und das Flugproblem auf den richtigen Weg geführt, und ist auch dadurch der Kreß'sche Drachensieger auf seine jetzige Höhe gekommen.

Wie jetzt mit den Flächen gerechnet wird, ist eine feststehende Wissenschaft und es wäre thatsächlich möglich, auf diesem Wege das Flugproblem zu lösen, nur hofft man dies durch gesteigerte Geschwindigkeit zu erreichen. Diese Anschauung ist aber nach meiner Ueberzeugung ein so ähnlicher Irrthum, wie dies bei der Weisbach'schen Formel der Fall war.

Die vorangegangene Wiederholung war also nothwendig, um den Vergleich zu zeigen, und nun soll der gegenwärtige Stand besprochen werden, um daraus den wahren Werth der Flug-

maschine hervortreten zu lassen. Um den Irrthum der zunehmenden Geschwindigkeit deutlich und überzeugend demonstrieren zu können, muß vorher ein neuer Factor hinzugefügt und aus einem ganz anderen Gebiete hierher geholt werden, und zwar aus einem Gebiete, aus welchem ich einen bisher außer Acht gebliebenen Umstand zu Gunsten des Flugproblems gesucht und auch gefunden habe.

Die Arbeit theilt sich in zwei Arten: directe und indirecte (mechanische) Arbeit. Lebende Körper verrichten directe und todte Körper mechanische Arbeit. Im lebenden Körper jedoch sind beide Arbeitsarten vereinigt und das Verhältniß davon ist folgendes. Im Gehirn entsteht die directe, die erste Anregung zur Arbeit und diese Anregung wird nur auf diejenigen Nerven übertragen, die in die arbeitenden Glieder einlaufen, um dort die Muskel in Thätigkeit zu setzen. Dieser Impuls im Gehirn erzeugt die directe Arbeit und die hierzu vorhandenen Arbeitsverrichtungsglieder verrichten dann die Arbeit nach dem Impuls, mechanisch. Diese Anregung im Gehirn sei mit dem Worte „Seelische Arbeit“ bezeichnet, die aber wieder von einem anderen Gliede im Gehirn geleitet wird.

Dieses leitende Glied ist nach unserem Begriff mit dem Worte „Wille“ bezeichnet. Ohne Anregung vom Gehirn und, was die Hauptsache ist, ohne Willen giebt es keine Arbeit. Auch geistige Arbeit bleibt ohne Willen zurück, ebenso bleiben alle Gedanken ohne Willen unausgeführt. Geistige Arbeiten sind eben nur seelische und müssen sich zur Ausführung erst mit dem Willen vereinigen, um dann durch mechanische Arbeit der Verwerthung zugeführt zu werden. Die Muskeln ermüden, der Wille nicht, nur muß dieser jenen nachgeben. Wir Menschen haben mehrere seelische Arbeitsarten, die Thiere solche nur in beschränktem Maße, aber der Wille beherrscht Alle. Wenn beim Menschen ein oder mehrere Glieder nervöse Bewegungen machen, so ist dies ein Beweis, daß der Wille in seiner Beherrschung Hindernisse hat. Uns erscheint jede Arbeit eines lebenden Körpers als directe, in Wirklichkeit jedoch ist durch eingehende Beobachtungen das erwähnte Verhältniß herauszufinden und soll nun ein für die Flugtechnik passendes Beispiel angeführt werden.

Ein länglicher todter Körper steht durch Erhaltung des Gleichgewichtes vertical (aufrecht) und erhält auch ein fremdes Gewicht auf sich, aber der leiseste Hauch wirft ihn um; das ist eben nur eine mechanische Leistung. Unser anatomischer Bau bedingt es, daß auch wir aufrecht stehen, aber welche künstliche Bewegungen machen wir und finden doch immer wieder das Gleichgewicht. Dies bewirkt eben nicht der anatomische Bau, der nur die Mechanik dazu ist, sondern die seelische Arbeit. Wenn wir auf einer unebenen Straße laufen, haben wir eine erhöhte Arbeit,

um das Gleichgewicht zu erhalten; unser Körper macht die hierzu nöthigen Bewegungen und wir fühlen in unseren Nerven die erhöhte Energie der seelischen Arbeit. Auch ein lernender Radfahrer muß dieses Gefühl haben. Ein ohnmächtiger Mensch hat in seinen anatomischen Formen keinen Verlust und doch vermag sich der noch lebende Körper nicht aufrecht zu erhalten, weil eben seine seelischen Arbeiten eingestellt sind. So finden wir verschiedene Beweise, daß im lebenden Körper beide Arbeitsarten vereinigt sind.

Um nun zu unserer Sache zurückzukommen, sei vor allem erwähnt, daß, wie wir zur Erhaltung des Gleichgewichtes und überhaupt für alle Bewegungen die seelische Arbeit als Anregerin haben, so ergeht es auch dem Vogel. Wenn er einige Luftströmungen kreuzt, so ist dies ein Vergleich mit unserem Laufen auf unebener Straße. Der Vogel fühlt im ganzen Körper die Luftströmungen; seine seelische Arbeit ist es, die seine Flugmechanik dirigirt, so daß er sich constant erhält und continuirlich fortbewegt. (Er macht auch oft willkürliche Bewegungen.) Weil aber die Luftströmungen verschiedene und verschieden rasche sind, hat der Vogel eine hierzu nöthige Flinkheit, um das alles beherrschen zu können. Wenn er während des Fluges durch einen Schuß starr wird, aber noch lebt, fällt er doch, und zwar mit offenen steifen Flügeln, also mit ganzer Fallfläche, nach den bekannten Gesetzen der toden Flächen, weil eben seine seelische Arbeit ausgeschaltet ist. Wird derselbe aber von der Kugel so getroffen, daß er das Bewußtsein nicht verliert, jedoch vor Schmerz nicht zu fliegen vermag, so fühlt er ein Fallen; seine seelische Arbeit bekommt eine erhöhte Energie und hier ist wieder die Flugmechanik durch eingetretene Hindernisse arbeitsunfähig geworden. Auf diese Art fällt der Vogel mit halb geschlossenen Flügeln etwas rascher, weil die Fallfläche vermindert ist.

Wenn also bisher die von uns beobachtete Flugmechanik des Vogels nachgeahmt und eine Flugmaschine construirt wurde, kam eben immer die Mechanik in den Vordergrund. Die verschiedenartigsten Formen wurden gewählt, alle hierzu nöthigen mathematischen und sonstigen Behelfe stimmten dabei überein, auf dem Papier also war dieses Problem sehr oft gelöst und in der Praxis blieb man vor einem Räthsel stehen. Die Lösung dieses Räthsels liegt darin, daß nur für mechanische Arbeit gesorgt wurde, die jedoch ohne richtige seelische Leitung, wie dies beim Vogel der Fall ist, nicht zweckdienlich werden kann. Die mechanische Flugmaschine fühlt (wie der Vogel) die Luftströmungen nicht, der Mensch vermag für sie nicht zu fühlen, wohl jedoch zu denken, aber nicht so flink, wie dies eben nothwenig ist. Glaubt man hingegen, den Menschen durch Uebung so flink denken zu lernen, so entsteht ein neuer Irr-

thum. Der Vogel kämpft für ein Gewicht im Maximum von 12 Kilogramm. Die Flugmaschine soll ein Gewicht von mehr als 1000 Kilogramm bekommen; um wie viel rascher zwingt dieses größere Gewicht (wenn auch die Flächen größer sind) die tragende Luft zum Weichen, um wie viel flinker als der Vogel müßte also der Mensch werden, um mit zunehmender Geschwindigkeit dieses Problem lösen zu können?

Der Irrthum ist also klargelegt. Wir sehen: bevor der Mensch nur zu ahnen vermag, daß ein seitliches Lüftchen zu wehen begonnen hat, liegt er schon unten. Dieser Irrthum hat u. a. alle bisherigen Scheiterungen herbeigeführt, hat auch noch den Unfall Krefß zur Folge gehabt, der sich bei allen weiteren Versuchen erneuern wird müssen. Herr Krefß hat zwar zu Gunsten der Stabilität seine Verticalsteuer hinzugefügt. Er mag dieselben vermehren oder ihre Flächen vergrößern, er kann überhaupt damit machen, was er will, nur das Flugproblem nicht lösen.

Die Flugmaschine besteht aus zwei abgetrennten Körpern: Flugmechanik und motorische Kraft. Wenn auch beide vereinigt sind, so ist dies doch nur eine Fortpflanzung von einem Körper in den anderen. Die motorische Kraft hat ihre eigene seelische Anregerin, nämlich die Wärme. Diese erzeugt in der Maschine den Dampf, welcher in Bewegung kommt und alle berührten Glieder in Thätigkeit setzt. Dies ist eine der motorischen Kraft innewohnende seelische Anregung und bleibt als solche auf ihr beschränkt. Die Flugmechanik hingegen benötigt ihrerseits ebenfalls eine ihr innewohnende seelische Anregung, eine besondere Arbeit, die sich mit den Luftströmungen vereinbart und dabei der Flugmechanik dienlich ist. Also, nicht nur die Flugmechanik, sondern auch die seelische Arbeit muß nachgeahmt werden.

Mithin muß eine Vorrichtung geschaffen werden, die die lebende seelische Arbeit (des Vogels) ersetzt, dann aber ist dieses Problem sicher gelöst.

Angenommen, diese Vorrichtung, welche als Schlüsselstein dieses Monumentalbaues bereits ausgearbeitet ist und sich verwirklichen wird, woran gewiß nicht zu zweifeln ist, das Problem der Flugmaschine also gelöst werden wird, welchen Werth wird dieselbe uns bieten? Das ist jetzt die wichtigste Frage. Wird sie ein Verkehrsmittel, oder militärischen Zwecken dienen? Nein, ist die kürzeste Antwort, denn sie wird für alle Zeiten in Schranken der Luftströmungen bleiben, auch dann, wenn das Gewicht der motorischen Kraft gleich Null werden sollte.

Die Flugmaschine wird nur der Wissenschaft und dem Sport dienen.

Betrachtet man die Windstöße, die bis über 60 Meter in der Secunde zurücklegen und in welchen auch die Vögel ihre Spazierflüge ein-

stellen, so ist es nicht schwer zu urtheilen, daß auch die dynamischen Bewegungen unmöglich sind; ein ganz kurz gefaßtes Beispiel jedoch mag folgen. Wenn die Flugmaschine eine Eigengeschwindigkeit von 10 Meter pro Secunde benötigt, mit dem Winde fliegen soll, die Luftströmung jedoch 40 Meter hat, so muß die Maschine 40 Meter, um mit dem Winde gleichen Schritt zu halten, und 10 Meter für sich, also 50 Meter pro Secunde zurücklegen. Diese nothwendige Schnelligkeit ist leichter auszusprechen als auszuführen. Wie erst, wenn das Aerodynamo gegen diesen Wind fliegen muß. So benötigt dasselbe 40 Meter, um dem Winde Widerstand zu bieten, 5 Meter für die Eigengeschwindigkeit, weil der Wind entgegenkommt, bekommt aber doch einen Luftdruck von 50 Kubikmeter Luft auf den Quadratmeter Widerstandsfläche. Das ergibt ein Gewicht von, rund angenommen, 65 Kilogramm und wenn der Windstoß nur zwei Secunden anhält, so bekommt die Maschine einen Druck von 130 Kilogramm auf einen Quadratmeter Widerstandsfläche. Welches Material steht uns zur Verfügung, das bei genügender Leichtigkeit diesem Drucke widerstehen soll? Die Natur hat die Federn nur für den Vogel geschaffen. Vielleicht könnte in der Chemie der Hornstoff der Federn nachgeahmt und ein neuartiges Material erfunden werden; davon ist man allerdings noch sehr weit entfernt. Aber zu erweisen ist, daß das Aerodynamo kein Verkehrsmittel wird, wie sich dies Manche vorstellen.

Nachdem die Flugmaschine nunmehr besprochen, ihr Werth in die richtige Perspective gestellt ist, so soll über die Lenkbarmachung des Gasballons ebenfalls eine kurze Erörterung folgen. Bei der Lösung dieses Problemes ist für Auftrieb nicht zu sorgen, sondern nur für Vortrieb. Weil aber hier eine weit größere Luftwiderstandsfläche vorhanden ist als bei der Flugmaschine, so liegt die Hauptschwierigkeit in der Ueberwindung dieses größeren Luftdruckes. Der ganze bisherige Verlauf der diesbezüglichen Arbeiten ist zur Genüge bekannt und über den gegenwärtigen Stand derselben ist nichts Neues hinzuzufügen. Der Sieg Santos Dumont's hat dieses Problem nicht gelöst, wohl aber bewiesen, daß die Lösung desselben doch im Bereiche der Möglichkeit liegt.

Die Construction, die diese Lösung herbeiführen soll, wird von der gegenwärtigen Schablone abweichen. Ihre Form wird von der gegenwärtigen Ellipsen- oder Cylinderform wesentliche Veränderungen erfahren, womit dann manches zu erzielen möglich, und auch nothwendig ist. Veränderungen, die bei den jetzigen rund gebauten Körpern nicht vollführt werden können.

In erster Linie wird das Luftschiff so belastet, daß sein Gewicht mit der Tragfähigkeit des Gases auf der Erde balancirt; das heißt, es

wird weder steigen, noch mit seiner Last auf dem Boden aufsitzen. Kommt dann der Motor in Function, so rollt der Aërostat wie ein Wagen einige Meter fort, erhebt sich und steigt nach dem Willen oder Bedarf des Lenkers, geht, am Ziele angelangt, ebenso langsam abwärts und rollt wieder wie ein Wagen zum stationirenden Punkt. Derselbe fährt in der Station vom neuen auf dieselbe Weise wieder weiter. Diese Procedur kann unter Beibehalt der ganzen Gewichtsverhältnisse so lange wiederholt werden, bis ungefähr zwei Drittel des Gases durch die Poren der Hülle entwichen ist. Sodann wird etwas Ballast abgegeben und im Nothfalle fährt das Luftschiff noch so lange, bis das ganze Gas ausgenützt ist. Wenn der Gasballon auf diese Weise in Anwendung kommt, dann ist sein Problem gelöst und was die Fahrtgeschwindigkeit betrifft, wird dieselbe ebenfalls in Schranken der Luftströmungen bleiben müssen.

Um das hier Erwähnte ausführen zu können, muß das Luftschiff nach folgender Construction gebaut sein. Die Form ist die eines umgestürzten Wasserschiffes, wobei der ganze Kumpf so zu liegen kommt, daß in der Mitte sich eine Kuppel nach oben erhebt. Vorne ist die stets steife Kante (Bugspriet), die die Luft weit leichter durchschneidet als eine Spitze, angebracht, und ist die nach abwärts liegende Fläche (Verdeck des Wasserschiffes) so auszunützen, daß die Luft unterhalb derselben in der vorderen Partie künstlich verdichtet wird, wodurch das Luftschiff unter Beibehalt seines Gewichtes in die Höhe geht. Wird jedoch die Luft unter dieser Fläche in der rückwärtigen Partie verdichtet, so geht dasselbe naturgemäß abwärts. An den verticalen Ranten werden die Steuerruder angebracht, und zwar voran eine schmale, rückwärts eine breite und an den Backbordseiten, auf die Ranten, entweder Schaufel- oder Schraubenflügel. Die Hülle ist zur Sicherung der stets horizontalen Lage durch Einsetzung von Scheidewänden in Kammern zu theilen. Die Ausführung dieser Construction ist sehr einfach einzurichten. Die Hülle ist nach vorerwähnter Form zu bauen, und wenn die hierzu nöthige Gondel fertiggestellt ist, wird auf dieselbe ein ellipsenförmig angefertigter Rahmen horizontal gegeben, mit ihr verbunden und auf die weiche Hülle gelegt und gefüllt. Hierauf wird der Ballon mit dem Rahmen und Gondel so eng verbunden, daß das Ganze zusammen ein Stück ist. Die Hülle bleibt weich und bekommt nur in der vorderen Partie einen leichtversteiften kantigen Aufsatz. Sodann wird das Luftschiff nach Bedarf belastet und steht zum Aufsteigen bereit.

Aus dieser Bauart geht die einfachste und natürlich entlastete Flugmaschine hervor. Bei diesem Anlasse sei auf dieselbe zu einer wichtigen Erwähnung zurückgegriffen.

Bei der zu Anfang befindlichen Besprechung der Flugmaschine ist angedeutet, daß die lebende seelische Arbeit des Vogels nachgeahmt werden muß, um sich in der Luft constant erhalten zu können. Diese Arbeit beruht auf Erhaltung der Schwebelage, die dem Gasballon natürlich von selbst innewohnt, und bei der Flugmaschine durch eine besondere, noch nicht existirende Vorrichtung erst geschaffen werden muß. Es ist eine bekannte Thatsache, daß der Vogel sich die Schwebelage zur constanten Erhaltung beschafft und er dann auf dieser gestützt zu segeln vermag. Wenn er beim Segeln einen oder einige Flügelschläge macht, so ist dies nicht, wie scheinbar, Willkür, sondern Zwang, denn er fühlt, daß die ihn tragende Luft durch Reibung abgeschwächt wird und hilft sich nach. So muß nun auch der Flugmaschine eine Schwebelagevorrichtung construirt und ihr hinzugefügt werden, um ihr einen halbwegs praktischen Werth zu verleihen. Es sei nochmals wiederholt, daß ohne diese Vorrichtung mit der Flugmaschine überhaupt nichts auszurichten sein wird.

Somit ist nun festgestellt, welche Constructionsarten für beide Systeme nothwendig sind, um dieselben der langersehnten Lösung des Luftschiffproblems zuführen zu können. Was den Vergleich dieser beiden Fahrzeuge betrifft, kann wohl behauptet werden, daß der Gasballon für die Hochfahrten und die Flugmaschine eventuell für die Niederfahrten angewendet werden wird. Nothwendig ist aber noch folgende wichtige Wiederholung, nämlich die, daß keines dieser beiden Luftfahrzeuge jemals für den praktischen Verkehr in Betracht kommen wird, denn wie dies bereits mit den Windverhältnissen nachgewiesen ist, werden sich die Fahrtgeschwindigkeiten immer unterhalb 15 Meter Luftströmungen pro Secunde bewegen müssen. Vielleicht bringt es eine Bemeisterung auf die Höhe von 20 Meter, höher aber niemals.

Und nun Einiges über Herrn Krefß.

Herr Krefß sagt, Maschinenconstructeure probiren ihre Arbeiten in aller Stille in ihren Werkstätten und bringen so ihre Erfindungen fertig, während das Problem des Luftschiffes vor aller Welt arbeiten muß, wodurch jeder verborgene Fehler gleich kritisiert wird. Dieser Ausspruch ist ganz richtig; denn erstens: Wie lange hätte ein einziger Mensch mit der Lösung dieses weitläufigen Problems in seinem Versteck zugebracht, wie lange hätte er überhaupt leben müssen, um, wie diese vielen zusammengeschlossenen geistigen Arbeiten beweisen, sie alle allein fertig zu bringen? Zweitens sind diese Probearbeiten ja nicht anders möglich, als im Freien auszuführen, weshalb eben so viele Mitarbeiter nothwendigerweise entstehen mußten. Und drittens wirken diese Mitarbeiter niemals schädigend, denn jede Kritik von ihnen nützt dem Constructeur. Herr Krefß selbst ist ja auch mit der Zeit gegangen. Auch er

hat die Schwerkraft für Flugkraft gehalten, hat auch ein kleines Modell angefertigt, das in seiner Mechanik den fliegenden Menschen darstellt, und also geglaubt hat, daß der Mensch fliegen wird können. Und auch er hat noch bis gegen Ende des Jahres 1894 mit der Weisbach'schen Formel gerechnet. Die vielen geistigen Arbeiten über dieses Thema haben eben dazu beigetragen, daß dieses Problem seiner Lösung immer näher gerückt wurde.

In der „Gesellschaft der Erfinder“ zu Paris ist gegenwärtig ein Luftschiffmodell von M. L. Guyer ausgestellt und hat der Marineminister eine Commission zur Prüfung desselben berufen. Das System deckt sich völlig mit dem von mir aufgestellten, mit dem Unterschiede, daß die Guyer'sche Construction noch nicht ausgereift ist, während die von mir propagirte durch Jahre bis ins Kleinste calculirt und ausgebildet wurde.

==== Merkwürdige Erosionen. ====

Als nach gewaltigen Katastrophen, wie sie die Entwicklungszeiten unserer Erde deren eine lange Reihe umfassen, das Festland aus dem flüssigen Elemente dauernd bis zu einer ausreichenden Höhe emporgetaucht war, begann eigentlich schon wieder ein Auflösungsproceß jenes festen Gebildes, das vielen Lebewesen durch Jahrtausende als sicherer Aufenthalt dienen sollte. Allerlei chemische und mechanische Vorgänge setzen die festen Theile unseres Planeten fortwährenden Wandlungen aus. Wohl genügen kurze Zeiträume nicht, um dem menschlichen Auge, durch Generationen mit-

der Bodengestalt durch das Wasser in seinen Formen und Bewegungen. Auflösen und Wegschwemmen des Bodens tritt überall zu Tage, wo das Wasser ungehindert sein Werk vollbringen



Fig. 1. Thorbogenfels bei Sta. Monica (Californien).

unter, die Veränderungen deutlich wahrnehmen zu lassen; dafür aber können sie in geschichtlichen Perioden bereits um so bestimmter erwiesen werden. Die Wirkungen des Auflösungsprocesses sind naturgemäß bezüglich ihrer Einzelerscheinungen von sehr verschiedener Intensität. Es handelt sich allgemein um Auflösung und Zerfetzung mineralischer, also unorganischer Stoffe, aus welchen die Felsart des Binnenlandes oder der vom Meere unaufhörlich umspülten Küste zusammengesetzt ist. Man hat es hier mit der langsamen Verwitterung der Gebirgsmassive und des festen Bodens überhaupt zu thun; die nach ihrer Art gekennzeichnete Thätigkeit ist eine chemische. Viel mächtiger, oft plötzlich umstürzend und dem Auge manchmal schon nach verhältnißmäßig kurzer Zeit auffällig werdende Umgestaltungen der Contouren eines Küstenbildes erfolgen aber in mechanischen Veränderungen

kann. Die tiefen Furchen des Festlandes sind gleichsam die Runen, welche die Zeit dem Antlitz der altwerdenden Erde eingräbt, die immer tiefer werden, je länger die Ursachen andauern. Jedes Mineral, auch der härteste Granit, verwittert durch constanten Einfluß von Hitze und Kälte, Licht und Schatten, Trockenheit und Nässe, ob jetzt der Ort im Gebirge oder in der Ebene gelegen ist; das Wasser schwemmt die festen Gefüge des Bodens ebenso unaufhaltsam in das Meer an der Küste wie im Gletscherbache. Die Bildung der Thäler, der Flußgerinne, zeugt von der Wirkung des stürmisch auftretenden Wassers gerade so wie von jener des sanfte zerfließenden Regentropfens im Verlaufe der vielen Jahrtausende.

Eine bedeutende Erhöhung der Wirkung des Wassers tritt bekanntlich bei dessen Umwandlung in die Gestalt von Schnee und Eis, die im