



Die Anfänge der Naturbeherrschung

Frühformen der Mechanik

Weule, Karl

Stuttgart, 1921

- a) Der Hebel. Zweiarmige und einarmige Hebel. Bohrmaschinen in Vorzeit und Gegenwart. Das Wurffholz und die Schleuder. Zentrifugal- und Zentripetalkraft. Die Öl presse der Pangwe. Das Tipiti-Problem.
-

[urn:nbn:de:hbz:466:1-79334](http://urn.nbn.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-79334)

7. Hebel, Rolle und Rad an der Welle.

a) Der Hebel.

Den Hebel im eigentlichen Sinn haben wir bereits beim Aufakt zu unseren Betrachtungen, beim Grabstock, kurz berührt; in Wirklichkeit hat die primitive Menschheit sich seiner und seiner Abarten in viel umfangreicherer und zum Teil auch höchst sinnreicher Weise bedient.

Abb. 16 zeigt uns das den Kosmoslesern aus den „Kulturelementen“ bekannte Bild eines Neuguinea-Mannes bei der Herstellung eines Muschelarmringes. Er hat sich ein Stück aus dem riesenhaften Gehäuse von *Tridacna gigas* handlich zurecht geschlagen, es mit Rotangstreifen umflochten und in einer Vertiefung seiner hölzernen Arbeitsunterlage festgeklemmt. Bohrer kann, wie in den „Kulturelementen“ beschrieben wurde, jeder hohle oder massive Holzstab sein, nur daß man Quarzsand als Angriffsmittel hinzuziehen muß. Für gewöhnlich verwendet man den leicht zugänglichen Bambus.

Technohistorisch interessant ist das Verfahren, außer durch die erwiesene Erkennung des Härteunterschiedes zwischen Muschelschale und Quarz, durch die wenn auch noch so urwüchsige Verwendung des Hebels, wie sie in Gestalt des angebundenen länglichen Steins erfolgt. Durch seine Masse wirkt er gleichzeitig als Beschwerer, also im Sinn eines selbsttätigen Vorschubs, und zugleich endlich auch als Schwungrad. Das Verfahren enthält also bereits alle wesentlichen Keime unserer modernen Bohrmaschinen.

Der Mann könnte auf den Stein verzichten und den Bambus mit den bloßen Händen zu drehen versuchen; das wäre dann ein Rückfall auf die Ausgangsmethode für alle menschliche Bohrtätigkeit überhaupt. Sie ist bis auf die elementare Erzeugung des Feuers durch den mit den bloßen Händen gequirlten Bohrstab vielerorts durch Verfahren vervollkommen worden, die schon wirklich zusammengesetzte Maschinen bedeuten. Dem Pumpenbohrer werden wir bei den Kapiteln Schraube bzw. schiefe Ebene und Trägheitsgesetz wiederbegegnen, während man Drehstrich und Drehbogen physikalisch als Hebel auffassen kann, deren Drehpunkt in der Längsachse des Bohrstabes liegt.

Prähistoriker haben auf Grund von Teilstücken, die man als authentisch glaubt ansehen zu können, Bohrmaschinen und Steinägen konstruiert, von denen die in Abb. 17 und 18 wiedergegeben



Abb. 16. Neuguinea-Mann beim Muschelbohren.
(Nach v. Luschan).

nen Forrerschen aus dem Neolithikum nach vielfach geteilter Ansicht am besten beglaubigt sind. Über ihre technische Seite handelt ein Aufsatz im „Kosmos-Handweiser“ 1917, Seite 14—16; im übrigen sprechen die Zeichnungen für sich selbst. Physisch stellt der sogenannte Vorschub, d. h. der horizontale Balken, an dem Bohrstab wie Sägeträger befestigt sind und dessen Aufgabe es ist, Bohrholz wie Sägenstein in die Unterlage hineinzutreiben, je einen sog. einarmigen Hebel dar. Dessen Wesen wird dem Leser am besten durch den Hinweis auf unseren Schubkarren klar. Beide Arme wirken auf der nämlichen Seite des Drehungspunktes, beim Karren also der Radachse. Die Last zieht am kürzeren Arm, nämlich der Ladefläche, nach unten, während sich die an den Griffen des längeren Hebelarms aufwärts ziehende Muskelkraft des Kärrners dagegen stemmt. Bei den

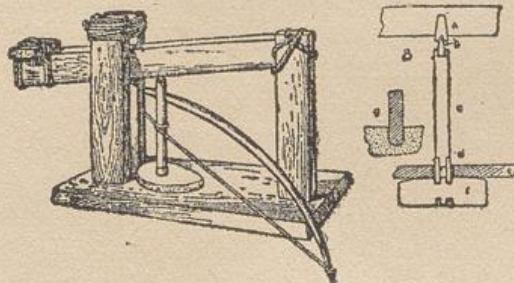


Abb. 17. Neolithische Bohrmaschine.
(Nach Forrer.)

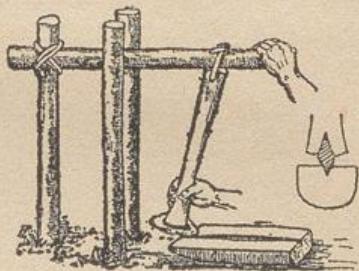


Abb. 18. Neolithische Steinsäge.
(Nach Forrer.)

beiden neolithischen Maschinen ist es umgekehrt: der längere Arm drückt in beiden Fällen nach unten, die Härte des Steins hingegen wirkt in entgegengesetzter Richtung. Bei der Säge stellt das pendelartige Gebilde einen weiteren einarmigen Hebel dar. Die Hand zieht oder schiebt am kürzeren Arm; den Widerstand findet sie in der Rinne der zu zerteilenden Unterlage.

Auf gesicherteren Bahnen bewegen wir uns dem Gebrauch derartiger Maschinen gegenüber, soweit wir ihnen bei Naturvölkern von heute begegnen. Einfache Verlängerungen des menschlichen Hebelarms und dabei doch ungemein wirksam sind das Wurffholz und die Schleuder. Jene sind Vorrichtungen aus Holz, Bambus oder Knochen von 40—120 cm Länge und brett- oder stabförmiger Gestalt, die zum verstärkten Fortschleudern von Wurfspeeren oder Pfeilen dienen. Das geschieht, indem entweder ein am hintern Ende des Wurffholzes befindlicher Haken in das etwas ausgehöhlte untere Ende des Speer- oder Pfeilschaftes fäst (s. Abb. 19), oder indem ein im Wurffholz selbst befindliches rinnenförmiges Widerlager einen am Speerschaft angebrachten Haken aufnimmt (Abb. 20). Der Speerschaft selbst liegt in beiden Fällen dem Wurffholz dicht an, wobei

er zwischen den freien Fingerenden der werfenden Hand eine gewisse Führung erhält. Manche Völker werfen den Speer so mit der Rechten allein; andere stützen sein vorderes Ende auf die hoch nach vorn ausgestreckte Linke. Die Wurfbewegung beschreibt dabei keine eigentliche Kreisform, sondern erfolgt mehr zugartig, wobei sich das Wurfschloß leicht aus der Befestigung



Abb. 19. Australische Speerschleuder. wahre Wunderwerke an Durchdachtheit dar; einwandfreier würde auch kein weißer Ballistiker diese Probleme lösen.

Verbreitet ist das Wurftholz über große Teile Australiens, Melan- und Mikronesiens, über den Nordosten Asiens und den gesamten von Eskimo und einigen ihrer Nachbarn bewohnten Norden Amerikas, über einen kleinen Bezirk von Mexiko und das zentrale Brasilien. Im vorkolumbischen Amerika war es viel weiter in Gebrauch; vor allem auch bei den alten Kulturvölkern Mexikos und den Inkaperuanern. In Europa endlich glaubt man es schon im ausgehenden Paläolithikum, in der sogenannten Renntierzeit, nachweisen zu können.

Die Wirkung beruht auf den Gesetzen des Hebels und der Fliehkraft. Man beabsichtigt, durch eine größere Anfangsgeschwindigkeit eine größere Durchschlagskraft oder eine beträchtlichere Wurfweite zu erzielen, und erreicht das dadurch, daß bei der Anwendung des Wurftholzes die Kraft des Armes längs eines längeren Weges

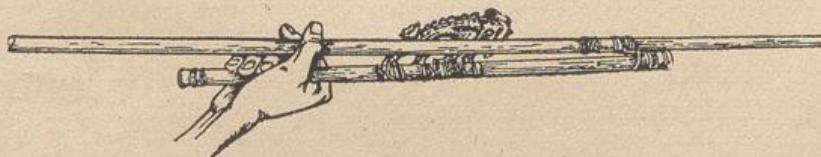


Abb. 20. Speerschleuder in Neuguinea.

aufgewendet wird, um auf dem Geschloß eine größere Geschwindigkeit aufzuhäufen. Beim Wurf aus freier Hand wirkt die Kraft nur auf eine kürzere Strecke.

Den übrigen künstlichen Wurfvorrichtungen, die von gewissen Völkern zur Erzielung größerer Wirkungen erfunden worden sind, den Wurf- oder Rollriemen und Wurfschlingen, werden wir unter einem anderen Stichwort begegnen.

Die Schleuder und ihr Gebrauch sind allgemein bekannt, trotzdem sie aus unserem Volksleben seit langem verschwunden ist.

Ihre Bestandteile sind zwei Schnüre, zwischen denen ein Stück Leder oder ein kleines Geflecht von der Form einer zusammenklappbaren Tasche befestigt ist. Zum Wurf legt man einen Stein in diese Tasche,wickelt das Ende der einen Schnur um die drei letzten Finger und fasst das Ende der anderen Schnur zwischen Daumen und Zeigefinger. Dann versetzt man den Stein in rasche Kreisbewegung und lässt im geeigneten Moment das letzte Schnurende los, worauf der Stein mit erstaunlicher Geschwindigkeit fortfliegt.

Die Wirkung gleicht ganz derjenigen des Wurfholzes, beruht also ebenfalls auf den Prinzipien des Hebels und der sogenannten Fliehkraft. Eine solche gibt es nun gar nicht, sondern was man so oder Schwungkraft nennt, ist lediglich die Folge des Beharrungsvermögens oder der Trägheit, kraft dessen jeder Körper in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in geradliniger Bahn verharrt, solange er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern. Ein in krummliniger Bahn bewegter Körper widerstrebt der Krümmung seiner Bahn also mit der aus dem Beharrungsvermögen entspringenden Kraft, eben der Fliehkraft oder Zentrifugalkraft. Eine auf gekrümmter Bahn dahinfahrende Lokomotive hat in jedem Augenblick das Bestreben, entlang der Berührungsline oder Tangente der Bahn geradeaus zu gehen, also sich vom Mittelpunkt der Kurve zu entfernen. Dieses Bestreben äußert sich durch einen Druck der Radkränze auf die äußere Schiene. Dieser Druck oder diese Kraft heißt die Zentrifugalkraft. Ihr entgegen wirkt von seiten der unnachgiebigen Schiene eine gleich große, nach innen gerichtete Kraft, die als Zentripetalkraft die Lokomotive zwingt, auf den Schienen zu bleiben.

Bei der rasch im Kreis herumgeschwungenen Schleuder erleiden die Schnüre eine Spannung, die, als Zentripetalkraft nach innen wirkend, den Stein nötigt, von der geradlinigen tangentialen Bewegung abzuweichen und eine Kreislinie zu beschreiben. Die Zentrifugalkraft übt zugleich einen Zug auf die Hand aus, die die freien Enden der Schnüre festhält. Lässt diese Hand die eine der Schnüre frei, so hört mit der Zentripetalkraft auch die Zentrifugalkraft plötzlich auf, und der Stein fliegt, nunmehr nur noch der Trägheit gehorrend, in tangentialer Richtung mit der Geschwindigkeit davon, die er im Augenblick des Loslassens besaß.

Mitten in das Wirtschaftsleben der Naturvölker zweier Erdteile führen uns die nächsten Verwendungsarten des Hebels.

Abbildung 21 a zeigt eine Ölpresse der Pangwe im äquatorialen Westafrika. Ihre Einrichtung ist einfach genug und aus der Zeichnung ohne weiteres ersichtlich. Die auszupressende Masse der mazerierten und vorgewärmten Palmölfrüchte füllt das Beutelchen am

senkrecht aufgehängten Preßbrett. Der Hebel ist wieder einarmig; sein Drehpunkt ist das feste Widerlager am handfreien Ende, längerer Arm die Strecke vom Drehpunkt bis zu den Händen des Arbeiters, der kürzere die Strecke vom Drehpunkt bis zum gepreßten Sack.

Die Methode, wie unsere Abb. 21 a sie zeigt, bedeutet in der Technik der Pangwe einen Fortschritt. Nach einem anderen Beobachter nämlich erfolgt das Pressen auch noch in der Art, daß der Arbeiter den Hebel nicht selbst auf den Ölsack drückt, sondern das freie Hebelende an den rechten Pfosten heranzieht und dort festbindet (Abb. 21 b), so daß der nunmehr stark gekrümmte Preßstab lediglich durch seine Elastizität wirken kann. Unter diesem ersten Stock befestigt er in der gleichen Weise einen zweiten, einen dritten usw., so daß der Zweck des Auspressens schließlich auch auf diese

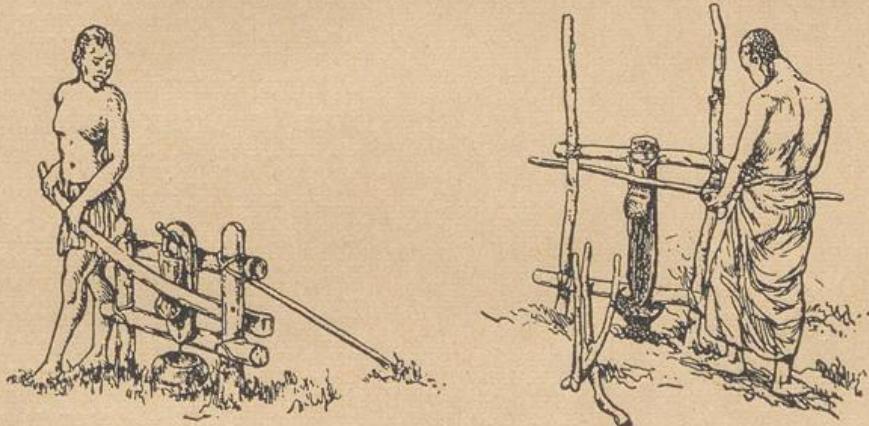


Abb. 21 a u. b. Ölpreße der Pangwe. a nach Herzog Adolf Friedrich, b nach G. Tessmann.

kindliche Weise erreicht wird. Entwicklungsgeschichtlich erweckt, wie gesagt, dieses Verfahren den urwüchsigeren Eindruck; ob es gleichwohl autochthon, d. h. von den Pangwe selbst erfunden, oder ob es von irgendwo anders her entlehnt worden ist, kann einstweilen nicht entschieden werden. Zwar sind die Pangwe, trotzdem sie lange im Verdacht eines stark ausgebildeten Kannibalismus gestanden haben, ein intelligentes Volk, dem man eine derart einfache, eigentlich auf der Hand liegende Maschine schon zutrauen könnte, doch ist der Neger nach der technischen Seite hin im allgemeinen nicht hoch veranlagt.

Das gilt in etwas erhöhtem Grade von manchen südamerikanischen Indianern und in beträchtlich höherem von den Eskimo, die man mit Fug und Recht die einzigen wirklichen Handwerker unter den Naturvölkern nennen kann.

Hauptnahrungsmittel der meisten Indianerstämme Brasiliens ist das Mehl aus der Wurzel des Kassawestrauches Manihot uti-

lissima. Diese Knolle enthält neben geringen Mengen von Blausäure (0,002 vom Tausend) den überaus starken Giftstoff Maniotoxin, der vor dem Genuss natürlich entfernt werden muß. Das geschieht, indem man die Wurzeln zu Mehl zerreibt, dieses zu einem wässrigen Brei anröhrt und den giftigen Saft dann entweder durch Kneten auf einem feinen Sieb oder durch Pressen in einem Schlauch entfernt. Diese Schläuche heißen Tipiti; sie sind aus zähen Rohrsträben geflochten, 1,50 bis 2 Meter lang, zylindrisch, und endigen oben und unten je in einer Schleife oder Öse. Zum Gebrauch füllt

man den Schlauch mit dem Brei und hängt ihn mit der oberen Öse an einem vorstehenden Querbalken des Hauses auf. Durch die untere Öse steckt man eine derbe Stange, deren kürzeres Ende man in einem Loch in der Hauswand verankert. Auf das freie längere Ende setzt sich dann entweder die geplagte Hausfrau allein (Abb. 22), oder mit ihr auch noch die übrige halbe oder ganze Familie, so daß der Schlauch in die Länge gezogen und der giftige Saft aus seinem Inhalt herausgepreßt wird. Ist alle Flüssigkeit in die untergestellte Schale gelau-
fen, so drückt die Frau den Schlauch wieder zusammen, verkürzt und erweitert ihn dadurch, und schüttet die

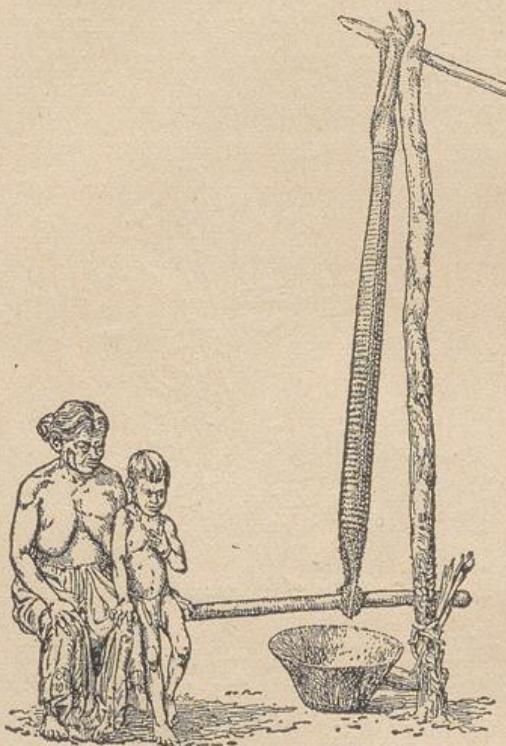


Abb. 22 Maniokpresse in Amazonien.
(Nach Koch-Grünberg.)

nunmehr trockne Masse in einen bereitgehaltenen flachen Korb.

Physikalisch beruht das einfache, aber doch recht praktische Verfahren wiederum auf dem Prinzip des einarmigen Hebels und wäre insofern kaum erwähnens- und bemerkenswert. Das ändert sich jedoch durch die merkwürdige Rolle, zu der das Tipiti in der Literatur gestempelt worden ist.

Für so einfach wir Nichtphysiker das Wesen des Hebels halten, bis wir durch Unterricht und Studium eines anderen belehrt werden, so zwiespältig steht man dem zylindrischen Schlauch gegenüber. „Natürlich muß der Manioksaft auslaufen,“ sagen die einen, „denn durch

das Ausziehen wird das Volumen des Schlauches eo ipso kleiner." „Unsinn," entgegnen die anderen, „das Volumen bleibt sich gleich, denn was ich an Durchmesser verliere, gewinne ich an Länge." Von den Nächstbeteiligten, nämlich den Amerikareisenden selbst, hat sich keiner über diese Frage ausgelassen; sie haben lediglich die interessante Tatsache berichtet. Auch die allgemeine Völkerkunde oder Ethnologie als solche ist, wie über technische Fragen überhaupt, achtlos über das Tipitiproblem hinweggeschritten. Erst der neuerdings begründete Wissenszweig der Technohistorie hat es aufgegriffen und zu lösen versucht. Zunächst durch Horwitz*) in dem Sinn, daß die bloße Verengerung des Schlauchzylinders das Auspressen des Saftes bedinge; später dann durch F. M. Feldhaus*) in dem etwas modifizierten Sinn, daß die Streckung im Grunde genommen wie eine Schraube wirke. Der Schlauch sei nämlich diagonal geflochten, so daß jede Längenänderung sein Gefüge seitlich verschöbe. Beim Strecken zöge das eine Verlängerung und zugleich auch eine Verengung nach sich, die dann einen Druck auf die Füllmasse bewirke. Feldhaus stellt sich den Vorgang also als eine Art Wringbewegung vor.

Schließlich habe auch ich der Frage mein Augenmerk gewidmet.*.) Von den 11 Tipiti des Leipziger Völkermuseums zeigt nur ein einziges eine diagonale Flechtart, während die Flechtstreifen bei allen übrigen longitudinal verlaufen. Nun „schaubt“ oder „wringt“ jenes eine zwar beim Ausziehen, doch übt die geringfügige Bewegung eine kaum merkbare Wirkung auf das Schlauchvolumen aus. Die Feldhaussche Erklärung genügt also nicht. Mein Appell an Leipziger Physiker fruchtete zunächst nichts; später hat dann unser Geophysiker Prof. Dr. Wenger mathematisch festgestellt, daß eine Verlängerung stets auch eine Volumenverminderung bedeutet, die um so größer wird, wenn sich mit dem Ausziehen auch ein engeres Aneinanderlegen der Baststreifen verbindet. Die Drehung hingegen hat an sich keine Volumenverminderung zur Folge, es sei denn, daß sich auch bei ihr die Streifen dichter aneinander oder gar übereinander legen. Nach meinen im Anfang dieses Jahres vorgenommenen praktischen Versuchen ist dieses engere Aneinanderlegen der einzelnen Baststreifen tatsächlich das ausschlaggebende Moment bei dem ganzen Vorgang.

Urwaldindianer sind keine Mathematiker, weder „höhere“ noch „elementare“; sie haben das kleine, für sie und ihre Erhaltung aber

*) H. Th. Horwitz, Beiträge zur außereuropäischen und vorgeschichtlichen Technik. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure. 1916. Bd. 7. S. 181; F. M. Feldhaus, Über die Saftpresse der Guayana-Indianer. Zeitschrift für angewandte Chemie. Jahrgang 31. Nr. 53 vom 2. Juli 1918; K. Weule, Zusammenhänge und Konvergenz. Petermanns geograph. Mitteilungen. 1920. S. 70.

ungeheuer wichtige Problem von einer anderen Seite, nämlich der der Praxis, anfassen müssen. Dabei hat ihnen Allmutter Natur schon von sich aus ganz hübsche Weghilfen gegeben. Die Zerkleinerung des klobigen Wurzelknollens gebot schon die Rücksicht auf den eigenen Mund; die Erfindung des Reibbrettes mit seinen eingesezten Steinreihen lag also nicht weit. Brachte man dann das Mehl in einem geflochtenen Behälter unter, dessen Herstellung im Lande der Palmen mit ihren Fiederwedeln ebenfalls in der Luft lag, so ergab schon der natürliche Zug infolge der Schwerkraft eine Verengerung der Flechtfugen und eine Verlängerung des Behälters — der Saft floß mit anderen Worten ganz von selbst heraus. Zwischen dieser Beobachtung und der rationellen Durchführung des Gesamtverfahrens, wie es heute geübt wird, liegt sicher ein auch zeitlich ungeheuer langer Weg mit mühselig errungenen kleinen Fortschritten und harten Fehlschlägen; man hat zweifellos die verschiedensten Flechtarten durchprobiert und enge oder weite Fugen gelassen, bis schließlich jene Stufe erreicht worden war, die wir in diesem Teil der Neuen Welt vor 400 Jahren vorgefunden haben. Die Presse arbeitet, wie der Augenschein lehrt, vollkommen zweckentsprechend und einwandfrei, denn wäre das nicht der Fall, so hätte keiner der Erbauer Gelegenheit gehabt, sich seiner Erfindungsgabe zu freuen — das Manihotorin hätte den letzten Aruaken und den letzten Kariben schon vor Jahrtausenden dahingerafft.

b) Die Rolle.

Die Rolle ist uns allen in ihren beiden Formen geläufig, als feste sowohl wie als bewegliche. Jene finden wir über den Ladetüren aller älteren Speicher hoch oben im obersten Stock, wo sie dem Aufziehen leichterer Lasten dient; diese als Flaschenzug überall dort, wo es sich um den Hub schwerer Lasten handelt. Der physikalische Unterschied besteht darin, daß die feste Rolle lediglich die Richtung der Arbeitsleistung ändert, nicht aber deren Größe, während bei der beweglichen eine Kraftvermehrung stattfindet, der allerdings eine Verringerung des Weges gegenübersteht. Die Leichtigkeit, mit der ein Mann mit Hilfe des Flaschenzugs die schwersten Lasten, wenn auch ganz langsam, emporzieht, ist ein Bild, das uns alltäglich entgegentritt.

Im Leben der Naturvölker gibt es zu solchem Tun kaum Gelegenheit; dazu ist es im allgemeinen zu einfach und elementar. Wo einzelne Völkerschaften oder gar ganze Zeitalter gleichwohl dazu geschritten sind, haben sie andere physikalische Prinzipien befolgt. Nur den Allerweltskünstlern unter den Naturvölkern von heute, den Esimo, ist es, soweit ich im Augenblick übersehe, vorbehalten geblie-