



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Anfänge der Naturbeherrschung

Frühformen der Mechanik

Weule, Karl

Stuttgart, 1921

7. Hebel, Rolle und Rad an der Welle.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-79334](https://nbn-resolving.org/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 Auftakt 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.



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

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 gequirkten 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 Drehtrieb und Drehbogen physikalisch als Hebel auffassen kann, deren Drehpunkt in der Längsachse des Bohrstabes liegt.

Prähistoriker haben auf Grund von Teilsundstücken, die man als authentisch glaubt ansehen zu können, Bohrmaschinen und Steinsägen konstruiert, von denen die in Abb. 17 und 18 wiedergegebe-

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. Physikalisch stellt der sogenannte Vorschub, d. h. der horizontale Balken, an dem Bohrstab wie Sägenträger 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 Kärners dagegen stemmt. Bei den

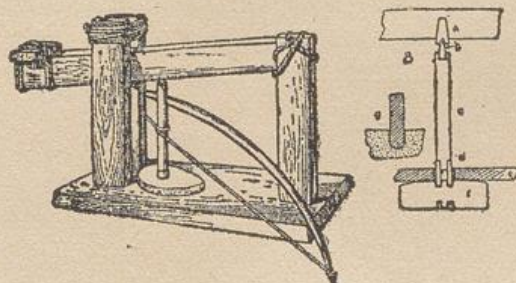


Abb. 17. Neolithische Bohrmaschine.
(Nach Forrer.)

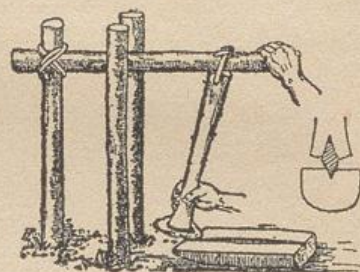


Abb. 18. Neolithische Steinsäge.
(Nach Forrer.)

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 Hebelarmes und dabei doch ungemein wirksam sind das Wurfholz 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 Wurfspießen oder Pfeilen dienen. Das geschieht, indem entweder ein am hintern Ende des Wurfholzes befindlicher Haken in das etwas ausgehöhlte untere Ende des Speer- oder Pfeilschaftes faßt (s. Abb. 19), oder indem ein im Wurfholz selbst befindliches rinnenförmiges Widerlager einen am Speerschaft angebrachten Haken aufnimmt (Abb. 20). Der Speerschaft selbst liegt in beiden Fällen dem Wurfholz 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 Wurf-



Abb. 19. Australische Speerschleuder.

geschloß leicht aus der Befestigung löst, ohne daß die anfängliche Zielrichtung eine Änderung erfährt. Besonders die Ablösungsvorrichtungen der Eskimo stellen wahre Wunderwerke an Durch-

drachtheit dar; einwandfreier würde auch kein weißer Ballistiker diese Probleme lösen.

Verbreitet ist das Wurfholz über große Teile Australiens, Melanesiens und Mikronesiens, über den Nordosten Asiens und den gesamten 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 Wurfholzes die Kraft des Armes längs eines längeren Weges

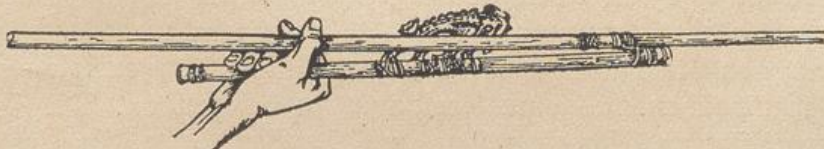


Abb. 20. Speerschleuder in Neuguinea.

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 ersonnen worden sind, den Wurf- oder Rollriemen und Wurfschlingen, werden wir unter einem anderen Stichwort begegnen.

Die Schleuder und ihr Gebrauch sind allgemeiner 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 gradliniger Bahn verharret, 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 Berührungslinie 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 gehorchend, 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 Beutelschen 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 u. s. f., so daß der Zweck des Auspressens schließlich auch auf diese

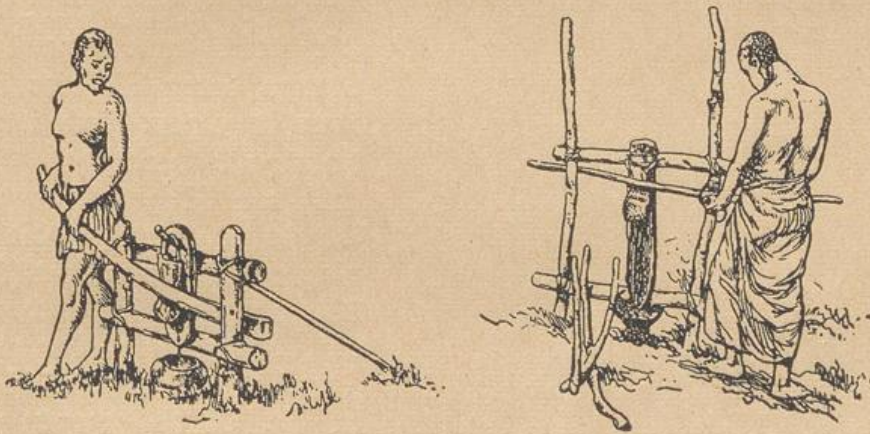


Abb. 21 a u. b. Ölpreße der Pangwe. a nach Herzog Adolf Friedrich, b nach G. Teßmann.

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 Manihotorin, der vor dem Genuß natürlich entfernt werden muß. Das geschieht, indem man die Wurzeln zu Mehl zerreibt, dieses zu einem wässrigen Brei anrührt 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 Rohrstreifen geflochten, 1,50 bis 2 Meter lang, zylindrisch, und endigen oben und unten je in einer Schleife oder Öse. Zum Gebrauch füllt

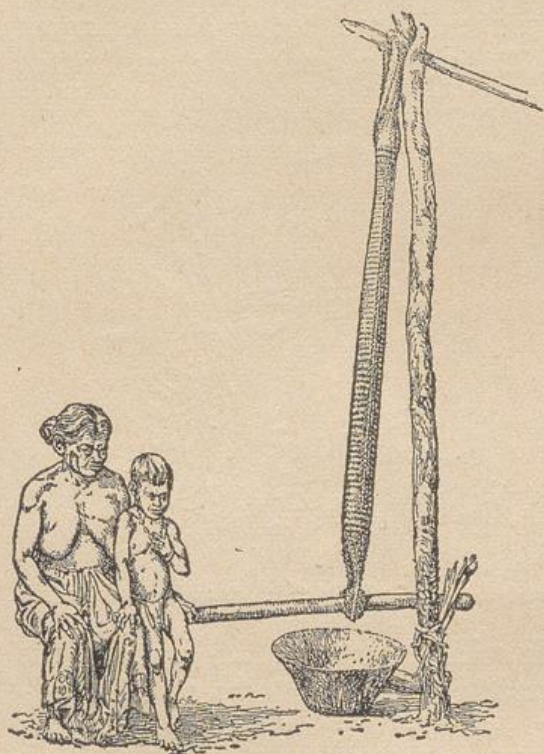


Abb. 22 Maniokpresse in Amazonien.
(Nach Koch-Grünberg.)

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 gelaufen, so drückt die Frau den Schlauch wieder zusammen, verkürzt und erweitert ihn dadurch, und schüttet die

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, achlos 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 „schraubt“ oder „wringt“ jenes eine zwar beim Ausziehen, doch übt die geringfügige Bewegung eine kaum merkbare Wirkung auf das Schlauchvolumen aus. Die Feldhaus'sche 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 Guanana-Indianer. Zeitschrift für angewandte Chemie. Jahrgang 31. Nr. 53 vom 2. Juli 1918; K. Welfe, 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 eingesehten 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 Flechtugen 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 Manihotogin hätte den letzten Aruaken und den letzten Karaiiben 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 leichter 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 entgegentreift.

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 Esfimo, ist es, soweit ich im Augenblick übersehe, vorbehalten geblieben.

ben, die rühmliche Ausnahme zu bilden, und zwar gleich in einem Maßstab, der ein wahrhaft grenzenloses Erstaunen hervorrufen müßte, sofern es sich um eine selbständige Eskimoerfindung handelte. Aber auch bei der Annahme einer Entlehnung bleibt ein gerüttelt Ausmaß geistiger Auffassungs- und Durcharbeitungsfähigkeit übrig.

Es handelt sich um den auf unserem Titelbilde wiedergegebenen Vorgang. Die ursprüngliche Quelle ist mir nicht zugänglich gewesen, ich entnehme das Bild vielmehr einer Arbeit von Otis Tufton Mason, den man mit Fug und Recht als den Technologen unter den amerikanischen Völkerkundlern bezeichnen kann.*)

Die Szene spielt im Nordwesten von Nordamerika, an der Küste der Halbinsel Alaska. Eskimo haben ein gewaltiges Walroß zur Strecke gebracht und wollen es nun an Land zerlegen. Den ungefügen, zwanzig bis dreißig Zentner schweren Körper des toten Riesen ohne andere mechanische Hilfsmittel als die üblichen Stricke aus ungegerbter Tierhaut das felsige Steilufer hinaufzubewegen, erweist

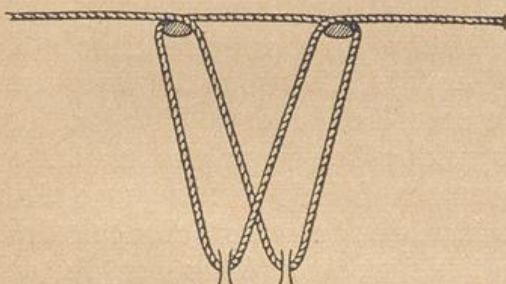


Abb. 23. Schema des Eskimo-Flaschenzugs.
(Nach O. T. Mason.)

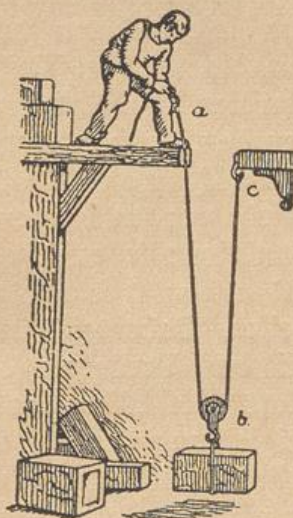


Abb. 24. Die bewegliche Rolle.
(Nach Pfandler.)

sich als aussichtslos. Da steckt der geistige Führer von ihnen zwei Ruder oder auch irgendein paar kräftige Stücke Treibholz je in eine Felsenspalte, ordnet die Stricke in einer ganz bestimmten Weise an (Abb. 23) und gebietet nun seinen Gefährten, nach zwei entgegengesetzten Richtungen zu ziehen. Das tun sie aus Leibeskräften und — o Wunder! der vordem unbewegliche Koloß gleitet zwar langsam, aber doch sozusagen spielend die Felsenfläche hinauf.

Was der umsichtige Eskimo konstruiert hat, stellt sich bei genauerem Hinsehen als ein sehr sinnreiches System zweier beweglicher Rollen dar, die ganz im Sinn eines vierseitigen Flaschenzuges wirken, so daß die ziehenden Männer auch nur ein Viertel der Kraft

*) O. T. Mason, The human beast of burden. Report of the United States National Museum 1887, S. 255.

aufzuwenden haben, die sie ohne diese Vorrichtung hätten einsetzen müssen. Zum Verständnis diene die beifolgende Abbildung 24. Das eine Seilende c ist befestigt, das andere a sowie der Kloben b mit der Rolle beweglich, so daß beim Ziehen an a außer einer Drehung auch eine fortschreitende Bewegung der Rolle eintritt. Da nun durch Vermittlung der Rolle in beiden Seilenden c und a die gleiche Spannung herrscht, so verteilt sich die Last in zwei gleiche Teile, und wenn die beiden Seilstücke einander parallel laufen, so entfällt auf jeden dieser Teile gerade die Hälfte. Der Arbeiter hat in diesem Fall also nur die halbe Kraft aufzuwenden; dafür wird der Weg, um den die Last gehoben wird, nur halb so groß sein wie der Weg, den der Arbeiter selbst oder seine Hand zurückzulegen hat.

Das Seilsystem der Eskimo fällt in etlichen Konstruktionsteilen aus diesem Schema heraus. An Stelle der Rollen sehen wir nur Schleifen, die mit dem Messer aus der dicken Haut des Tieres herausgeschnitten sind. Auf Grund der unter ihnen liegenden Speckschicht wirken sie allerdings trotzdem völlig ausgleichend auf die beiden durch sie hindurchlaufenden Seilenden, so daß sie frei beweglichen Rollen gleichgesetzt werden können. Die beiden Ruder versehen je eine doppelte Funktion; jedes von ihnen bildet in seinem System sowohl den festen Punkt c, wie auch die Gleitbahn für das freie Ende a des Seiles. Dabei gilt indessen der Begriff „fester Punkt“ auch nur mit dem Vorbehalt, daß die Seile oder die Ruder selbst nicht sehr glatt sind. Wäre das der Fall, so möchte bei einer sehr ungleichen Zugleistung der beiden Männergruppen schließlich das ganze Seilsystem ins Gleiten geraten, ja das schwächer bediente Seilende würde möglicherweise gar durch die Hautschleifen und hinter den Rudern hinweg in die ungefesselte Freiheit rutschen und die stärkeren Männer unliebsam zu Falle bringen. Bei der Rauheit ungegerbter Fellstreifen liegt ein solcher Fall allerdings wohl außerhalb aller Wahrscheinlichkeit.

Mason und wahrscheinlich auch sein Gewährsmann Elliott sagen nichts über die vermutliche Herkunft dieser merkwürdigen ethnographischen Erscheinung hier im entlegensten Teile der Neuen Welt. Sie dem Haupt eines Eskimo selbständig entspringen zu lassen, wäre ein kühner Gedanke, den selbst die sonstige technische Geschicklichkeit jenes Volkes nicht stützt; man wird also wohl oder übel Entlehnung annehmen müssen. Nun kennen und benutzen zwar schon die Chinesen der Han-Zeit, also der Jahrhunderte um Christi Geburt, die feste Rolle zum Heraufholen ihrer Wassereimer aus den Brunnen, und in der Mitte des 19. Jahrhunderts hat Sir John Francis Davis im Reich der Mitte sogar eine Hebevorrichtung beobachtet, die ein richtiges Differentialwellrad darstellt, also eine

weit höhere Form, als auch wir sie für gewöhnlich verwenden.*) Die Maschine ist in Abb. 25 wiedergegeben; ihre Wirkungsweise leuchtet ohne weiteres ein. Wird die ungleich starke Welle nach hinten zu umgedreht, so wickelt sich von dem dickeren linken Teil mehr Tau ab als rechts aufgewickelt wird; die Rolle und ihre Last senken sich also, wenn auch nur um die halbe Differenz der Auf- und Abwicklung. Bei der entgegengesetzten Drehung erfolgt die Hebung der Last in demselben Tempo.

Also die Chinesen beherrschen, wie so viele andere technische, so auch dieses Prinzip. Trotzdem liegt es näher, bei der geographischen Lage Alaskas eher an europäische Beeinflussung zu denken. In den mehr als 170 Jahren, seitdem der Deutsche Georg Wilhelm Steller jene Küste betreten hat, haben die Eingeborenen ja auch genügend Gelegenheit gehabt, die Tätigkeit von Hebekranen an Bord europäischer, insbesondere russischer Schiffe zu betrachten. Aber selbst dann bleibt die Übernahme noch eine erstaunliche Leistung. Man versehe 10 000 Weiße, denen theoretische wie praktische Kenntnisse der Physik abgehen, in die gleiche Lage — würde wohl mehr als einer den Mechanismus einer solchen Einrichtung begreifen? Vermutlich keiner. Also hat ab vor jenen Walroßjägern!

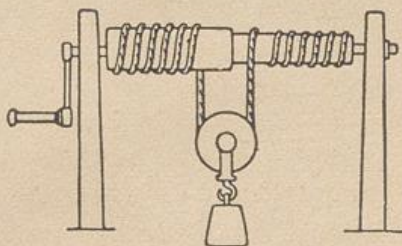


Abb. 25. Chinesisches Differentialwellrad.
(Nach Laufer.)

c) Das Rad an der Welle.

Der Name klingt gelehrter, als die Maschine in Wirklichkeit aussieht. Tatsächlich kennt sie jeder, der einmal eine Wäscherolle gedreht oder einen Eimer Wasser aus einem Windebrunnen emporgehoben hat. Auch das soeben behandelte chinesische Hebezeug zeigt das Wesen des Wellrades, wie es ebenfalls genannt wird, in bester Weise.

Das Wellrad besteht danach aus einem um seine Achse drehbaren Zylinder oder einer Welle, auf der ein Rad von größerem Durchmesser befestigt ist. In der chinesischen Maschine stellt die stärkere Welle das größere Rad dar; sie zeigt zugleich die entgegengesetzte Wirkung der um beide Wellen geschlungenen Seile.

Bei den Naturvölkern sucht man das Wellrad in dieser Form vergebens; außer beim Bohrer, dem Kreisel, der Spindel, der bei ihnen noch immer umstrittenen Schraube und dem später ebenfalls noch zu behandelnden Drall sind sie überhaupt nicht zur Rotation

*) Berthold Laufer, Chinese pottery of the Han Dynasty. Leiden 1909, S. 72 ff.

wellenförmiger Körper gelangt. Eine Ausnahme bildet lediglich die Baumwollentkernungsmaschine, wie sie bei den Batta auf Sumatra, in Hinter- und Vorderindien und einzelnen Teilen Hochasiens gebräuchlich ist. Abbildung 26 gibt eine solche Maschine wieder.

Wie wir sehen, ist von einem größeren Rad oder auch nur einer stärkeren Welle bei ihr keine Rede, man muß das Wellrad vielmehr in einem anderen Bestandteil suchen. Das ist nun die Kurbel, mit der die untere Welle gedreht wird, worauf sie durch das Schraubensystem am anderen Ende auch die obere Welle in Umdrehung versetzt. Indem man die Baumwollflocken zwischen beiden Wellen hindurchtreibt, quetscht man die Samenkörner heraus.

Diese Kurbel läßt sich als zweierlei auffassen: als Hebel und als der ideelle Teil einer Rolle, die man sich ja auch ohne Schwierigkeit als voll denken kann. In diesem Augenblick hätten wir dann das

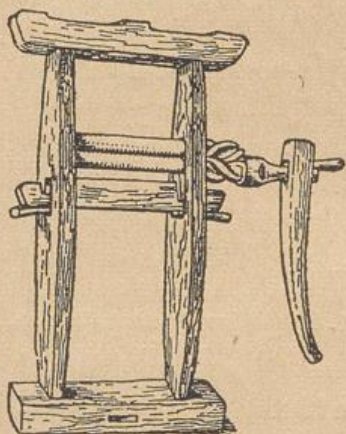


Abb. 26. Südasiatische Baumwoll-Entkernungsmaschine.

wirkliche Wellrad vor uns. Die Bewegungsübertragung von einer Walze auf die andere durch horizontale Schraubenräder ist deswegen merkwürdig, weil solche Schraubenräder, wie Horwiz meint, in der europäischen Technik erst sehr spät, wahrscheinlich erst seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts, verwendet worden sind, während sie in Indien vermutlich auf ein hohes Alter zurückblicken. In ihnen hätten wir damit also endlich einmal eine Erfindung höheren Grades, die nicht von unserer sonst alles überragenden Rasse vorweggenommen worden ist.

Im übrigen hat bei dieser Maschine auch der Keil sehr reichlich Verwendung gefunden: zunächst bei der Befestigung der Kurbel an der untern Welle selbst; sodann bei dem unter dem Walzenpaar befindlichen Brett, welches mit ihrer Hilfe in die Höhe getrieben werden kann. Die Wirkung überträgt sich dann durch zwei im Innern der Pfosten laufende Gleitstücke auf die untere Walze, die damit fester gegen die obere gepreßt wird.

8. Schiefe Ebene, Keil und Schraube.

Auch von dieser zweiten Gruppe der einfachen Maschinen sind uns bereits vereinzelt Anwendungsarten begegnet. Die schiefe Ebene tritt in doppelter Weise als Maschine auf: als Rampe und als Keil. Der Unterschied besteht darin, daß bei der Rampe die schiefe Ebene stehen bleibt, während das Gleitstück, indem es gehoben wird, die