

Über die Bewegungen bei landwirtschaftlichen Arbeiten.

Von

Prof. R. du Bois-Reymond-Berlin.

Mit 4 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 23. Dezember 1918.)

Im ersten Heft des XVI. Bandes dieses Archivs hat Max Böhm über „Gliedersatz insbesondere für landwirtschaftliche Arbeiter“ geschrieben. Den ersten Abschnitt dieser Mitteilung nimmt eine Beschreibung der Bewegungen des Gesunden bei einer Reihe landwirtschaftlicher Verrichtungen ein. Als Hauptergebnis dieser Betrachtung stellt Böhm die Lehre auf: „daß der Arbeiter das gestielte Gerät bald als einarmigen, bald als zweiarmigen Hebel wirken“ lasse, wobei „gewöhnlich der eine Arm die Haupt-, der andere die Nebenrolle“ spiele. „Der erstere ist zumeist (wenn auch nicht immer) mit dem Kraft-, der andere mit dem Unterstützungsarm identisch“.

Bei diesen Sätzen muß sich wohl in jedem Leser ein Zweifel regen, ob denn die Bewegung bei den landwirtschaftlichen Arbeiten wirklich so glatt auf ein so einfaches Schema zurückgeführt werden kann, und dieser Zweifel verstärkt sich, wenn man in den Angaben Böhms nach der Begründung seiner Lehre sucht.

Ein so allgemeiner Satz müßte bei wissenschaftlichem Verfahren aus einer Reihe genau festgestellter Einzelbeobachtungen abgeleitet werden. Der Untersucher müßte sich zuerst eine genaue Kenntnis der bei den betreffenden Arbeiten vorkommenden Bewegungen verschaffen. Dann könnte er, falls die gemeinsamen Züge der Einzelbeobachtungen es rechtfertigen, zur Zusammenfassung gelangen, die dann auch als streng begründet gelten dürfte.

Man kann nicht sagen, daß Böhm in der vorliegenden Veröffentlichung diesem Verfahren folgt. Gleich bei der ersten Erwähnung der gestielten Geräte wird behauptet, daß die „Holzstiele als Hebel“ dienen. „Die eine Hand spielt den Unterstützungspunkt des Hebels, die andere die Kraft. Liegt der Unterstützungspunkt in der Mitte des Stiels, die Kraft am oberen Ende und die Last am unteren Ende, so ist der Hebel ein zweiarmiger usw.“ In diese Auffassung werden dann die Arbeiten mit Stielgeräten eingezwängt, indem immer der eine Arm als Hauptarm (Kraftarm), der andere als Nebenarm (Unterstützungsarm) bezeichnet wird.

Da die betreffenden Tätigkeiten durch photographische Abbildungen veranschaulicht sind, liegt es nahe, an den Bildern selbst nachzuprüfen, wie weit die Auffassung des Verfassers berechtigt ist.

Böhm geht besonders ausführlich auf die Tätigkeit des Grabens ein: „An dem Hineinstoßen des Spatens in die Erde beteiligen sich beide Hände, vornehmlich aber die am D-Griff ansetzende. Die letztere macht die erste Hebelbewegung, indem sie das obere Stielende senkt, und stellt so die Kraft dar, während die in der Mitte des Spatens ansetzende Hand die Unterstützung abgibt. Unmittelbar darauf aber tauschen die Hände ihre Rollen, die oben ansetzende wird zur Unterstützung, während die andere als Krafthand den Stiel hochhebt.“ Diese Beschreibung der Bewegungen beim Graben ist mit den vier Bildern aufeinander folgender Stellungen eines grabenden Arbeiters, die Böhm selbst gibt (Abb. 11 bis 14), nicht vereinbar (vgl. Abb. 1). Auf

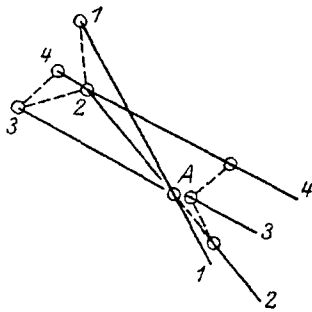


Abb. 1. Vier Stellungen des Spatenstiels beim Graben nach Böhm's Abb. 11—14. 1. Vor dem Einstechen, 2. nach dem Einstechen, 3. und 4. Hebung. Die Kreise bezeichnen die Lage der Hände am Stiel, die punktierten Linien die Bahn der Hände.

nebenstehender Zeichnung sind aus den vier Bildern die vier Lagen des Spatenstiels durch die dicken Striche dargestellt. Die beigezeichneten Ziffern bezeichnen die zeitliche Aufeinanderfolge der Lagen. Die von Kreisen umgebenen Punkte geben die Angriffsstellen der beiden Hände an. Beim ersten Blick sieht es freilich so aus, als fände eine ganz ausgeprägte Hebelbewegung um den Punkt A statt. Das ist aber nur Schein, denn bei genauerer Betrachtung wird man erkennen, daß die Lagen 1, 2 und 3 zwar durch denselben Punkt gehen, daß aber nicht dieselbe Stelle des Stieles an diesem Punkt bleibt, sondern daß die als Angriffspunkt der unteren Hand bezeichnete Stelle des Stiels, die in der Lage 1 bei A steht, erst um die Länge des Spateneisens schräg nach unten in die Lage 2 rückt, dann in die Lage 3, wieder ganz dicht an A gehoben wird und

endlich in die Lage 4 übergeht, die der Lage 3 parallel ist. Statt einer Hebelbewegung liegt also vor: Erst eine Bewegung nach unten, dann ein Emporheben des unteren Endes des Spatens, endlich eine Hebung des Spatens parallel mit sich selbst. Von einer Hebelbewegung, bei der eine Hand den Unterstützungspunkt, die andere die bewegende Kraft darstellt, ist keine Spur. Wenn man die Wege vergleicht, die beide Hände zurücklegen, die, soweit sie aus den vier Einzelbildern zu entnehmen sind, etwa den punktierten Linien der Zeichnung entsprechen, so sind beide ungefähr gleich groß. Man kann also nicht behaupten, daß eine der Hände auch nur annähernd einen ruhenden „Unterstützungspunkt“ des Hebels bildete. Für die Anwendung der Lehre vom Hebel ist es aber eine unerläßliche Bedingung, daß ein feststehender Drehpunkt gegeben sei. Pringsheim (J. Gad, Reallexicon der medizinischen Propädeutik, S. 375) definiert geradezu: „Hebel nennt man einen beliebig gestalteten Körper, welcher um einen festen Stützpunkt drehbar ist und auf ihn wirkende Kräfte auf andere Körper überträgt.“ Wenn also, wie beim Gebrauch des Spatens, in der Bewegung keine Drehung um einen festen Punkt zu finden ist, darf man auch

nicht von einer Hebelwirkung sprechen oder die Hebelgesetze auf die Bewegung anwenden wollen. Böhm sagt selbst (S. 30), „daß bei den Hebelbewegungen der Arbeiter sich nicht nach den Hebelgesetzen richtet.“ Ohne es zu merken, gesteht er durch diesen Widerspruch gegen sich selbst den Grundfehler seiner Darstellung ein, daß er nämlich durchaus die freie Bewegung des Spatens durch die beiden Arme als eine Hebelbewegung auffassen will. Das geht eben nicht. Die Bewegungen des menschlichen Körpers sind viel zu mannigfaltig, um aus einem der einfachsten mechanischen Lehrsätze heraus erklärt werden zu können. In seiner Antritts-Vorlesung (Archiv für Anatomie und Physiol. Anat., Abt. 1896, S. 363) warnt Otto Fischer: „Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, das Gesetz für das Gleichgewicht der Kräfte an einem einzigen starren Körper oder einem einfachen Hebel, die Bewegungsgesetze eines materiellen Punktes und noch einige andere in den elementaren Lehrbüchern der Mechanik aufgeführte Sätze — diese bilden das mechanische Rüstzeug, mit welchem man zuweilen geglaubt hat, die Probleme (sc. der physiologischen Mechanik) vollständig lösen zu können.“ Es ist also nicht verwunderlich, daß auch auf die übrigen von Böhm angeführten landwirtschaftlichen Arbeiten die Lehre vom Hebel nicht recht paßt. Zwar läßt sich hören, daß der Schiebkarren als ein einarmiger Hebel bezeichnet wird, da er in elementaren Lehrbüchern der Physik als Beispiel dieser Hebelart benutzt wird, folgerichtig müßte dann aber auch die Trage als Hebel betrachtet werden, was Böhm unterläßt. Beim Aufheben eines Holzklotzes von der Erde ist auf der Abbildung durch die beigeschriebenen Wörter „Hauptarm“ und „Nebenarm“ angedeutet, daß der Klotz als Hebel aufzufassen ist, der durch die eine Hand, als Kraft, um die andere, als Drehpunkt, gehoben wird. Im Text ist diese gezwungene Anschauung nicht zum Ausdruck gebracht, nur in der Übersicht S. 75 ist sie abermals angedeutet. Schaufeln und Dungstreuen beschreibt Böhm als dem Graben vergleichbar. Beim Staaken heißt es, dies sei eine ausgeprägte Hebelbewegung. Sie fange etwa wie das Graben an und dann folge die weitere Hebung der Last durch eine ausgesprochene Hebelbewegung. Beim Harken soll der Unterstützungspunkt des Hebels am oberen Stielende liegen, die linke Hand, nah an der Mitte des Stieles angreifend, die Kraft darstellen. Beim Zusammenraffen des Heues macht der an die Schulter angelegte Harkenstiel eine Hebelbewegung um die Schulter als Drehpunkt. Beim Hacken mit der leichten und der schweren Hacke und mit der Axt und beim Dreschen handelt es sich um Bewegungen, die denen beim Graben insofern ähnlich sind, daß bei ihnen dieselben Einwendungen gegen die Auffassung der Bewegung als Hebelbewegung zu machen sind. Das Mähen erklärt Böhm wieder als typische einarmige Hebelbewegung, indem er den am oberen Ende des Sensenstiels angreifenden Arm als Unterstützung, den am Griff wirkenden Arm als Kraft auffaßt. Dieser soll „durch Schulterbewegungen den Hebelarm in kreisende Schwingungen“ versetzen. Danach geht also die Kraftwirkung nicht von der Hand, sondern von der Schulter oder richtiger von einer Rumpfbewegung aus, und wenn die Bewegung eine Hebelbewegung sein soll, ist dann auch der Drehpunkt etwa in der anderen Schulter oder im Rumpf zu suchen.

In allen diesen Fällen trägt die Auffassung des Gerätes als Hebel wenig dazu bei, den Vorgang der Bewegung mechanisch verständlich zu machen.

Die Lehre vom Hebel gehört eben gar nicht hierher und ist überdies auch gar nicht in dem Sinne anwendbar, in dem Böhm sie auslegt. Böhm sagt, der Hauptarm entspreche der den Hebel bewegenden Kraft, der Nebenarm diene als Unterstützung, als ob es sich von selbst verstünde, daß die Unterstützung etwas im Vergleich zu der bewegenden Kraft Nebensächliches wäre. Am Hebel kann aber nur in gewissen Fällen die Kraft, die den Drehpunkt an seiner Stelle hält, kleiner sein als die bewegende Kraft. Bei Hebelbewegungen von der Art, wie sie Boehm vorschweben, wird im allgemeinen der Unterstützungsarm mehr zu leisten haben als der Kraftarm. Böhm's Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenarm darf also nicht, wie er es möchte, einfach auf die Hebelauffassung gegründet werden.

Wenn man nun Böhm's Angaben auf eine anderweitige Stütze für seine Lehre durchsucht, so fällt auf, daß in seinen Beschreibungen eine Anzahl recht wesentlicher Züge der verschiedenen Bewegungen übergangen werden.

Zuerst ist vom Fortschaffen von Lasten auf der Trage die Rede. Dabei wird von der Trage gesagt, daß durch sie „der ganze Körper, vornehmlich aber die Arme und der Schultergürtel auf Zug beansprucht“ wird. Hier muß ein Versehen vorliegen, denn es ist einleuchtend, daß nur die Arme und nicht der Schultergürtel oder gar der ganze Körper auf Zug beansprucht werden. Zwischen der Trage und der Karre wird dann der Unterschied gemacht, daß bei der Karre die Last mit Hilfe eines einarmigen Hebels, nämlich der Karre, „bewältigt“ werde. „Dieser Unterschied bedingt, daß bei dem Karren sich die Zugleistung erheblich vermindert.“ Nach diesen Worten wäre anzunehmen, daß Karrenschieben unter allen Umständen leichtere Arbeit sei als Tragen mit der Trage. Die Trage kann aber genau wie die Schubkarre als ein einarmiger Hebel aufgefaßt werden, dessen Drehpunkt in den Händen des einen Trägers gelegen ist. Die Zugbelastung der Arme richtet sich in beiden Fällen nur nach der Größe der Last und ihrer Lage in bezug auf den als Drehpunkt betrachteten Teil des Gerätes. Daneben besteht aber der viel wesentlichere Unterschied, den Boehm mit keinem Worte erwähnt, daß der Karrenschieber, wie schon das Wort sagt, die Last zugleich vorwärts bewegen muß, und zwar unter ziemlich ungünstigen mechanischen Bedingungen. Man sieht ja nicht selten, daß sich die Karrenschieber durch Gehilfen vorwärtsdrücken lassen müssen. Das Umkippen der Karre wird ohne nähere Betrachtung der Muskeltätigkeit erwähnt. Die Pronation der linken Hand wird hervorgehoben, obschon auf dem Bilde beide Hände gleichmäßig in Pronation sind.

Beim Tragen des gefüllten Eimers heißt es wieder, daß dabei „der Schultergürtel und der Körper“ auf Zug beansprucht werde. Sollte damit gemeint sein, daß die Rumpfmuskulatur stark beansprucht wird, um die Wirbelsäule gegen die einseitige Belastung aufrecht zu halten?

Vom Aufheben des Holzklotzes sagt Böhm, „daß unter starkem Vorwärtsbeugen des Körpers und bei gestreckten Armen beide Hände zangenförmig unter den Gegenstand greifen, ihn erfassen, sodann unter Aufrichten des Körpers die Last durch Beugen und Strecken im Ellenbogengelenk hochheben“. Würde hinzugefügt, daß außer dem Ellenbogengelenke auch das Schultergelenk nicht unwesentlich beteiligt ist, so dürfte diese Beschreibung völlig ausreichen. Auf der Abbildung ist aber, obgleich im Text hierüber nichts

steht, an den rechten Arm „Hauptarm“, an den linken „Nebenarm“ geschrieben. Demnach würde auch hier der Holzklotz selbst als ein Hebel aufgefaßt, der von der rechten Hand, als Kraft, um die linke, als Drehpunkt, emporgehebelt wird. Aus dem Umstand, daß im Text davon nichts steht, geht zur Genüge hervor, daß hier die Unterscheidung von Haupt- und Nebenarm durchaus willkürlich angenommen ist, während in Wirklichkeit beide Arme ungefähr gleiche Rollen spielen. Eine andere Frage ist es, ob beim Gebrauch eines Ersatz-Armes nicht die Tätigkeit beider Hände eine ganz verschiedene sein muß.

Nun kommt das Graben an die Reihe. Oben ist schon gezeigt worden, daß hier keine eigentliche Hebelbewegung vorliegt. Sucht man das Wesentliche an der Bewegung aufzufassen, so wird zuerst die Frage sein müssen, ob das Einstoßen des Spatens in den Boden einen erwähnenswerten Teil der Arbeitsleistung bilde? Das hängt natürlich von der Bodenbeschaffenheit ab. Aber bei schwerem Boden wird, wie es auch Muybridge (*Animal locomotion* II. 358) in einem seiner Reihenbilder zeigt, das Bein zu Hilfe genommen. Bei leichtem Boden kann, wie es Böhm angibt, der Spaten mit den Händen eingestoßen werden, ohne daß dies wesentlich anstrengt. Zu bemerken ist aber, daß, wenn die Klinge des Spatens nicht in gerader Verlängerung des Stieles steht, das untere Ende des Stieles während des Einstoßens (vgl. Abb. 1) ein wenig nach vorn (ventral in bezug auf den Grabenden) verrücken muß. Hierdurch wird der Anschein einer Hebelbewegung erweckt, obwohl es sich nur um das schräge Gleiten des Spatens in seinem eigenen Schnitt handelt. Auf diese Bewegung folgt dann eine wirkliche Hebelbewegung, die für die Arbeit mit dem Spaten die größte Bedeutung hat, aber gar nichts zu tun hat mit den Hebelbewegungen, von denen Böhm spricht. Durch Druck der Hand am Griff des Spatens wird nämlich der Spaten um das unmittelbar hinter (dorsal in bezug auf den Grabenden) der Klinge anstehende Erdreich als Unterstützungspunkt oder Widerlager gedreht und dadurch das vor der Klinge befindliche Erdreich aufgebrochen. Diese Haupttätigkeit des Grabenden ist in Böhm's Beschreibung entweder übergangen oder in einer Form besprochen, die den Sachverhalt nicht erkennen läßt, denn Böhm spricht nur von Hebelbewegungen, bei denen eine Hand den Drehpunkt bildet. So wichtig dieser Teil der Bewegung für den Zweck der Arbeit ist, erfordert er doch nur wenig Kraftaufwand, weil der Druck am äußersten Ende des Stiels mit der ganzen Stiellänge als Hebelarm ausgeführt wird. Die Hauptarbeit besteht unzweifelhaft aus der nun folgenden weiteren Hebung des Spatens mit Erde. Diese wird, wie die Abb. Nr. 12 und 13 von Böhm deutlich zeigen, vorwiegend dadurch bewirkt, daß die linke Schulter, die vorher nach der Erde zu gewendet war, zurückgenommen wird, während sich zugleich der Rumpf aufrichtet. Zugleich wird auch der rechte Arm ein wenig gestreckt, so daß sich der Spaten in diesem einen Teil der Bewegung tatsächlich als Hebel im Sinne Böhm's um die linke Hand dreht, aber nur sehr wenig, während zugleich die linke Hand beträchtlich gehoben wird. Aus der Zeichnung (Abb. 7) ist zu erschen, daß die Hebelbewegung kaum ein Viertel der Gesamthebung während dieses Abschnittes der Bewegung ausmacht (Lage 2 bis 3). Nun folgt das weitere Aufrichten des Rumpfes ohne Veränderung der Stellungen der Arme. Dieser letzte Teil der Hebung ist nur wenig kleiner als die gesamte vorausgegangene Hebung.

Die Hebung im ganzen beträgt nach Böhm's Bildern etwa 40 cm, wovon nur etwa 4 cm auf die Hebelwirkung in Böhm's Sinn gerechnet werden können.

Böhm erwähnt noch ausdrücklich die Drehung, durch die die Erde vom Spaten abgeschüttet wird. Diese Bewegung ist wohl für den Armersatz von Bedeutung, kann aber nicht als ein wesentlicher Teil der Grabarbeit angesehen werden. Sie kann ganz wegfallen und durch einen leichten Schwung nach vorn ersetzt werden, bei dem, wie man bei Muybridge sieht, der linke Fuß auf einen Augenblick vom Boden gelüftet wird. Dies ist ein Beweis dafür, daß Rumpf und Beine bei den mit den Armen ausgeführten Arbeiten in viel stärkerem Maße beteiligt sind, als gewöhnlich angenommen wird.

Von den Bewegungen beim Schaufeln und beim Dungstreuen gilt ungefähr dasselbe wie von der beim Graben. Der Wurf mit der Schaufel soll nach

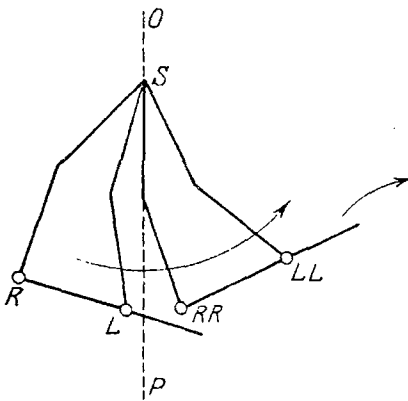


Abb. 2. Schema der Wurfbewegung beim Schaufeln. Es findet keine Bewegung der Hände R und L gegeneinander statt, sondern beide Arme SR und SL drehen sich gemeinsam um die Schulterachse S in die Stellung SRR und SLL. Die Linie OP gibt die Senkrechte an, der Pfeil die Richtung der Bewegung.

Böhm durch eine „starke Beugung im Ellenbogengelenk“ des rechten Armes (Hand am Griff der Schaufel) zustande kommen. Hierzu ist nur ein Einzelbild gegeben, so daß man den Verlauf der Bewegung nicht verfolgen kann. Es ist aber sehr selten, daß bei der Beugung des Armes sich das Schultergelenk nicht gleichzeitig mit dem Ellenbogengelenk bewegt. Außerdem dürfte diese Bewegung für den Wurf viel weniger Bedeutung haben als die gleichzeitige Bewegung beider Arme, des Rumpfes und der Beine: Auf der Abbildung (15) ist die Ausfallsstellung unverkennbar. Der linke Fuß ist wahrscheinlich, wie bei Muybridge, beim Schwung vom Boden gelüftet gewesen. Der wesentlichste Teil der Arbeit besteht aber jedenfalls darin, daß die beiden Arme, der rechte leicht gebeugt, der linke gestreckt, ohne Veränderung der

Stellung, in der sie den Schaufelstiel halten, gleichsam als ein einziges starres System um die gemeinsame Achse der beiden Schultergelenke nach vorn (und links) bewegt werden. Die Eigenart dieser Bewegung soll durch die nebenstehende schematische Zeichnung (Abb. 2) angedeutet werden. Sie findet sich, nur etwas weniger ausgeprägt, auch beim Graben, besonders aber beim Staaken, und steht in schroffem Gegensatz zu der hebelartigen Bewegung, weil bei dieser entgegengesetzte Bewegung beider Hände, bei jener dagegen eine genau gleichförmige Kreisbewegung beider Hände gemeinsam vorausgesetzt ist.

Bei der Besprechung des Dungstreuens tritt dann wieder sehr deutlich hervor, wie willkürlich bei der Auffassung der Geräte als Hebel die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenarm ist. Böhm bezeichnet hier im Gegensatz zum Graben den linken Arm (Hand an der Mitte des Stiels) als Hauptarm, weil er die Schüttelbewegungen auszuführen hat. Für den Gesunden dürfte diese Tätigkeit kaum so sehr ins Gewicht fallen, daß man deswegen

den Arm, der beim Graben und beim Schaufeln Nebenarm ist, beim Dungstreuen zum Hauptarm erklären müßte. Der Einarmige wird freilich das Schüttern mit dem Ersatzarm nicht gut ausführen können. Man darf aber doch nicht um des Grundsatzes willen, daß der Einarmige den Ersatzarm für die Tätigkeiten des Nebenarmes verwenden soll, beim Gesunden den Arm, der bei ganz ähnlichen Arbeiten Nebenarm ist, zum Hauptarm stempeln. Der Grundfehler ist freilich wohl damit begangen, daß der an der Mitte des Spatenstiels angreifende Arm als Nebenarm bezeichnet worden ist.

Ähnlich wie mit der Beschreibung des Schaufelns verhält es sich mit der des Staakens: Böhm bezeichnet gerade den Endteil der Bewegung als „ausgesprochene Hebelbewegung“, obgleich von einer Drehung des Stiels um einen festen Punkt hier noch weniger als am Anfang der Bewegung die Rede sein kann. Das Staaken dürfte vielmehr nach dem in der beistehenden Zeichnung (Abb. 3) veranschaulichten Schema aufzufassen und etwa folgendermaßen zu beschreiben sein: Wie beim Graben wird der Stiel etwas über die wagerechte Lage hinaus gehoben. Dieser Teil der Bewegung läßt sich, wenn man will, allenfalls als Bewegung eines Hebels durch die an zwei Punkten, Drehpunkt und Angriffspunkt der Kraft, angreifenden Hände darstellen, obgleich, wie beim Graben ausgeführt worden ist, die Hebellehre deswegen nicht hierher paßt, weil kein fester Drehpunkt vorliegt. Während des folgenden Teiles der Bewegung behalten aber beide Arme ihre leicht gebeugte Stellung nahezu unverändert bei, indem sie sich gemeinschaftlich um die gemeinsame Achse der Schultergelenke drehen, bis die Forke nahezu senkrecht steht. Endlich kann, wenn die Last noch höher gehoben werden soll, der Stiel von der unteren Hand allein parallel mit sich selbst

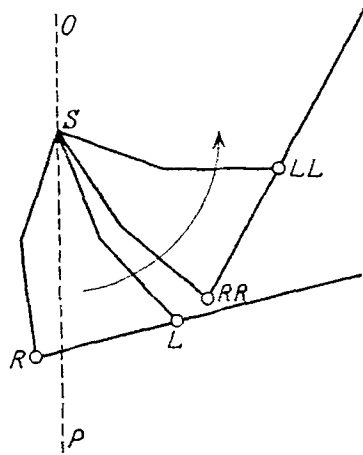


Abb. 3. Schema der Bewegung beim Staaken. Die Arme SR und SL drehen sich gemeinsam mit dem Stiel RL um die Schulterachse S in die Lage SRR und SLL. OP ist die Senkrechte.

emporgeschoben werden, wobei er in der oberen Hand als in einer Führung gleitet. Bei diesem Teil der Arbeit fällt die Leistung unzweifelhaft vorwiegend der unteren Hand zu. Die Hauptarbeit im ganzen liegt aber in dem zweiten Teil der Bewegung, bei dem die beiden Arme mit dem Forkenstiel zusammen gleichsam einen starren Maschinenteil bilden, der durch die Schultermuskulatur um die Schultergelenke gedreht wird. Gegenüber dieser gemeinsamen Wirkung der beiden Arme ist der Umstand, auf den nach Böhm's Lehre das größte Gewicht zu legen wäre, ganz nebensächlich: daß nämlich der eine Arm auf Druck, der andere auf Zug beansprucht wird. Weder Druck noch Zug ist es, den die Arme der Hauptsache nach zu leisten haben, sondern sie müssen beide zugleich nach vorn gehoben werden. Diese Hebung wird übrigens sehr wesentlich unterstützt und ergänzt durch gleichzeitige Aufrichtung des Rumpfes.

Harken und Fegen möge hier übergangen werden, um gleich im Anschluß an das Staaken auf die Bewegungen beim Hacken mit der Rodehacke

und der Axt zu kommen. Böhm sieht auch hier im Gerätestiel einen Hebel, an dem eine Hand als Drehpunkt, die andere als angreifende Kraft wirkt. „Diese Arbeit beruht im wesentlichen auf einarmiger Hebelwirkung.“ Auf der Abbildung 24 sieht man aber, daß der Hackenstiel von beiden Händen über dem Kopf in fast derselben Armstellung gehalten wird wie nach dem Einhauen in die Erde (Abb. 25). Der linke Arm (Hand nah der Mitte des Stiels) ist zwar beim Ausholen etwas mehr gebeugt als der rechte, und der rechte Arm (Hand am Ende des Stiels) beim Einhauen etwas mehr gebeugt als der linke, die Hebelbewegung, die man daraus ableiten könnte, umfaßt aber höchstens 20° , während

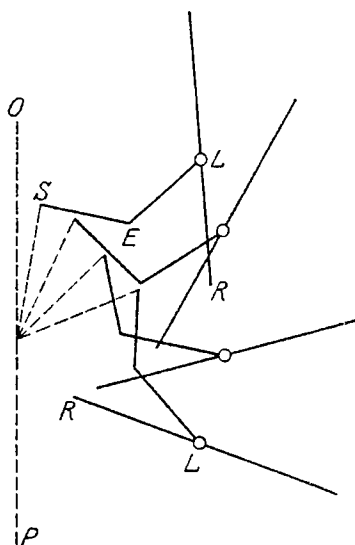


Abb. 4. Die Bewegung des linken Armes (SL) und des Axtstiels während eines Axthiebes in 4 Phasen nach photographischer Aufnahme. OP gibt die Senkrechte an. Die punktierten Linien deuten die Neigung des Oberkörpers von der Lendenwirbelsäule aufwärts an. OP ist die Senkrechte.

das Herabreißen der Arme mit der Beugung des Rumpfes in derselben Zeit der Hacke einen Schwung durch volle 180° erteilt. Die geringfügige Beugung der Arme dürfte übrigens weniger den Zweck haben, die Hacke zu bewegen, als vielmehr den, einen etwa entstehenden Rückschlag des Stiels sanft aufzunehmen. Böhm spricht vom „Fallenlassen“ der Hacke. Wenn der Arbeiter einigermaßen eifrig ist, wird sicher die Rumpfbeugung und das Herabreißen der Arme den Hauptteil der Arbeitsleistung bilden. Die Hacke erhält beim Schlage eine viel größere Beschleunigung, als ihr die bloße Schwere erteilen könnte.

Beim Hauen mit der Rodehacke oder mit der Axt findet demnach ungefähr entgegengesetzt dieselbe Bewegung statt wie beim Emporheben des Heubündels auf der Forke. Beim Ausholen ist die Bewegung ungefähr dieselbe wie beim Staaken, nur weiter fortgeführt bis zum Erheben der Arme über den Kopf. Diese Vergleichung ist so zu verstehen, daß sie sich auf den Grundzug der Bewegungsform, nämlich die gemeinschaftliche Tätigkeit der beiden Arme bezieht.

Vom Arbeiten mit der Rodehacke hat übrigens auch Muybridge (II, 385) eine sehr schöne Aufnahme in Reihenbildern. Der Schlag wird auf diesen Bildern mit dem ganzen Aufwand aller Kräfte geführt, indem der Körper aus einer hochgereckten Stellung mit weit nach hinten gehobenen Armen in eine geduckte, kauernde Stellung hinunterschnellt. Bei einer so gewaltsamen Bewegung verschwindet die Bedeutung jeder Hebelarbeit der Arme ganz und gar. Die Bewegung beim Holzspalten habe ich selbst in der Berliner Prüfstelle für Ersatzglieder mit dem Fischerschen Funken-Verfahren aufgenommen (vgl. Abb. 4). Man sieht hier, wie auch auf den erwähnten Reihenbildern von Muybridge sehr deutlich, wie groß der Anteil der Bewegung ist, der auf die gemeinsame Bewegung des Systems aus beiden Armen und dem festgehaltenen Stiel und auf die Beugung des Rumpfes entfällt.

Über Dreschen und Mähen muß ich mich aus Mangel an Erfahrungen darüber der Kritik enthalten. Nur sei nochmals darauf hingewiesen, daß, wie oben schon angedeutet wurde, die „Schulterbewegung“ beim Mähen, von der Böhm spricht, notwendigerweise eine Bewegung des ganzen Körpergerüsts von den Füßen aufwärts sein muß, denn die Schulter kann nicht allein so ausgiebige Bewegungen machen.

Nach alledem darf wohl im ganzen gesagt werden, daß in Böhm's Darstellung die Auffassung der gestellten Geräte als Hebel so sehr betont wird, daß darüber wesentliche Züge der Bewegungen unberücksichtigt geblieben sind. Es ist mit wenigen Ausnahmen fast immer nur von Zug- und Druckwirkungen der Arme die Rede, während in Wirklichkeit die Bewegung der Arme in den Schultergelenken, die Bewegung des Rumpfes und dessen Stellung auf Beinen und Füßen ausschlaggebend ist. Um so mehr muß es wundernehmen, daß Böhm am Schlusse seiner Darstellung wörtlich sagt: „Im vorstehenden sind die wichtigsten landwirtschaftlichen Arbeiten, soweit es überhaupt möglich ist, analysiert.“ Vielleicht sollte damit nur gemeint sein: soweit es dem Verfasser ohne besonders darauf gerichtete Untersuchungen möglich war. — Es hätte sich aber doch wohl gelohnt, etwas gründlicher auf die Eigentümlichkeiten der betreffenden Bewegungen einzugehen, denn für die Frage nach dem Nutzwert der Ersatzglieder ist es keineswegs gleichgültig, ob man die Bewegungen so auffaßt, wie sie Böhm darstellt oder so wie im vorhergehenden angedeutet wird. Zug und Druck, die beiden Tätigkeiten, die die Arme an einem Gerät, das als Hebel wirkt, allein auszuüben haben, sind nämlich Tätigkeiten, die mit einem Ersatzarm verhältnismäßig gut ausgeführt werden können. Dagegen ist die Winkelbewegung der Arme von der Schulter aus, die nach obigem einen sehr wichtigen Teil der Arbeitsverrichtungen bildet, eine Funktion der Schultermuskulatur, die beim Ersatzarm ganz oder zum Teil fehlt. Der Einarmige mit Ersatzarm ist daher gewissermaßen darauf angewiesen, die Geräte in der von Böhm beschriebenen Weise zu benutzen. Wenn man nun diese als die normale Bewegungsweise des gesunden Arbeiters ansieht, wird man leicht in den Fehler verfallen, die Leistungsfähigkeit des Gesunden im Vergleich zu der des Einarmigen zu unterschätzen oder mit anderen Worten: vom Gliedersatz zu viel zu erhoffen. Deshalb ist es nötig, zu betonen, daß der Gesunde den größten Teil der Arbeit mit dem Rumpf und den Beinen leistet, wobei die Arme als starre Gerüstteile von der Schulter aus bewegt werden.