

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Der Mensch und die Thiere als Motoren

[urn:nbn:de:bsz:31-270970](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270970)

SIEBENTER ABSCHNITT.

Maschinen die durch Menschenkraft bewegt werden.**Der Mensch und die Thiere als Motoren.**

Der Organismus des Menschen wie des Thieres wird in mancher Hinsicht sehr verständlich, wenn man denselben mit der Einrichtung und Wirkungsweise einer complizirten Maschine vergleicht, oder schlechtweg als eine eigenthümlich eingerichtete Maschine betrachtet. Eine solche Vergleichung hat allerdings im ersten Moment für das Gefühl etwas Abstossendes, indem es besorgt ist, dass hierdurch ein für den Menschen unwürdiges Ergebniss hervorgehen könnte. Allein eine solche Besorgniss ist ganz unbegründet, denn es ist von vornherein selbstverständlich, dass zwischen dem Menschen und einer Maschine der grosse Unterschied besteht, dass ersterer ein empfindendes, mit Gefühlen, Denkvermögen und Willen begabtes Wesen ist, während die letztere nur aus einem Apparat von todten, nicht empfindenden unorganischen Körpern besteht. Die Vergleichung des menschlichen Organismus mit einer Maschine kann sich daher nur auf diejenigen Einrichtungen und Funktionen beziehen, welche, abgesehen von Fühlen, Denken und Wollen, im lebenden Organismus vorkommen.

So wie eine zusammengesetzte Maschine mit verschiedenen Bewegungsmechanismen versehen ist, von denen jeder in dem Gesamtprozess, welchem die Maschine dient, eine gewisse Funktion zu verrichten hat, so ist der menschliche Organismus mit mancherlei Apparaten versehen, von denen jeder einem gewissen Zweck zu dienen hat.

Allein in einer Maschine kommen nur allein Bewegungsapparate vor; die Körper, aus welchen sie besteht, erleiden im Innern weder mechanistische noch chemische, sondern nur an der Oberfläche theils durch Reibungen, theils durch die Einwirkung der Atmosphäre unwesentliche Veränderungen.

Der Organismus dagegen enthält, nebst mancherlei Bewegungsapparaten, auch noch viele zu andern Zwecken dienende Einrichtungen, und alle Theile des Organismus sind unausgesetzt den mannfaltigsten chemischen und mechanistischen Veränderungen ausgesetzt. Die Theile des Körpers sind von keiner Dauer, sie werden unausgesetzt durch chemische Aktionen aufgelöst und müssen fort und fort durch chemische Neubildungen wieder restaurirt werden.

Die Maschine braucht zu ihrem Fortbestande keinen Stoff in sich aufzunehmen, und scheidet während ihrer Thätigkeit keinen Stoff aus; der Organismus dagegen kann ohne Stoffaufnahme nicht bestehen, er muss fort und fort Material in sich aufnehmen, um das unbrauchbar gewordene Material, das ausgeschieden wird, zu ersetzen. Der Organismus ist also eine Maschine, die sich fort und fort selbst zerstört und die fort und fort wieder aufgebaut werden muss. Diese Materialzufuhr geschieht durch die Nahrungsmittel. Diese werden in der Mundhöhle zwischen den Zähnen zerkaut, mit Speichel gemengt, hierauf in den Magen gefördert, daselbst mit auflösenden oder zersetzenden Beimengungen versehen und endlich in ein langes Kanalsystem gebracht, dessen Wände die Eigenschaft besitzen, dem auf die beschriebene Weise mechanistisch und chemisch präparirten Stoff die für den Wiederaufbau der Organe geeigneten Bestandtheile zu entziehen, in sich aufzunehmen und dem Organismus zuzuführen. Der für den Bau des Organismus unbrauchbare Theil wird ausgeschieden. Allein diese Ernährung des Körpers hat noch einen andern Zweck zu erfüllen. Durch die unter der Einwirkung des Organismus erfolgende Gesamtheit der chemischen Prozesse, denen die Nahrungsmittel unterworfen sind, werden Wärmethätigkeiten entwickelt, welche theilweise aus dem Körper als fühlbare Wärme entweichen, theilweise aber die Kraftentwicklungen hervorbringen, deren der lebende Organismus fähig ist. In dieser Hinsicht ist der Organismus mit einer Dampfmaschine oder noch treffender, mit einer sogenannten calorischen Maschine zu vergleichen, deren wesentlichste Eigenschaft in der Fähigkeit besteht, Wärme in mechanistische Thätigkeit umzuwandeln, Wärme in sich aufzunehmen und dafür Arbeitskraft zu liefern.

Die Chemiker und Physiologen berechnen, dass von den Nahrungsmitteln, welche ein Mann von mittlerer Stärke täglich in sich

aufnimmt, 0.2514 Kilogramme Kohlenstoff in Kohlensäure und 0.01256 Kilogramme Wasserstoff in Wassergas umgewandelt wird, d. h. mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft verbrennen. Da durch Verbrennung von 1 Kilogramm Kohlenstoff 7050 und durch Verbrennung von 1 Kilogramm Wasserstoff 34500 Wärmeeinheiten entwickelt werden, so geben die obigen Quantitäten täglich $0.2514 \times 7050 + 0.01256 \times 34500 = 2207$ Wärmeeinheiten, und da jede Wärmeeinheit einer mechanischen Arbeit gleich 424 Kilogr.-Meter entspricht, so entspricht die tägliche Ernährung eines Mannes einer Leistungsfähigkeit von $2207 \times 424 = 935768$ Kilogr.-Meter.

Allein der Erfahrung zu Folge vermag ein Mann ohne Nachtheil für seine Gesundheit innerhalb 24 Stunden 8 Stunden lang zu arbeiten, und zwar so, dass er in jeder Sekunde dieser 8stündigen Arbeit eine Wirkung von 7.2 Kilogr.-Meter entwickelt. Die totale tägliche Arbeit eines Mannes ist daher $8 \times 3600 \times 7.2 = 207360$ Kilogr.-Meter und diese Thätigkeit ist nahezu der 4.5te Theil von derjenigen, welche der Ernährungswärme entspricht.

Der menschliche Organismus ist demnach eine calorische Maschine, welche $\frac{100}{4.5} = 22\%$ rein mechanistische Nutzwirkung gibt, während (wie wir in der Folge sehen werden) eine Dampfmaschine unter den günstigsten Umständen nur $\frac{100}{20} = 5\%$ von der Wärme des Brennstoffs nutzbringend zu machen vermag. Von $100 - 22 = 78\%$ Wärme, welche für die Kraftentwicklung verloren gehen, entweicht ein Theil aus dem Körper als Wärme, und wird der Rest zu anderen Funktionen verwendet.

Die mechanische Arbeit, welche ein lebendes Individuum zu entwickeln vermag, ist selbstverständlich nach Umständen veränderlich und richtet sich 1) nach dem Geschlecht, 2) dem Alter, 3) dem Körperbau, 4) dem Klima, 5) nach Uebung und Gewohnheit, 6) nach der Arbeitsweise, 7) und insbesondere auch nach der Geschwindigkeit, mit welcher während der Arbeit der Widerstand überwunden wird.

Eine rationelle Regel, welche den Einfluss all dieser Umstände richtig in Rechnung brächte, gibt es für die Bestimmung der Arbeitsleistung eines Individuums nicht. Aber annähernd kann diese Leistung doch berechnet werden.

Man darf annehmen, dass die Thätigkeit, welche ein bestimmtes Individuum bei angemessener Ernährung innerhalb eines Tages ohne Nachtheil für die Gesundheit zu entwickeln vermag, am grössten ausfällt, wenn es innerhalb 24 Stunden eine gewisse Zahl von T Stunden thätig ist, und in jeder Sekunde seiner Thätigkeit einen

gewissen Widerstand von K Kilogrammen mit einer Geschwindigkeit von C Meter p. 1" überwindet. Die tägliche Maximalwirkung W genannt, so ist

$$W = 3600 K C T \text{ Kilogr. - Meter} \dots \dots \dots (1)$$

Die vortheilhafteste tägliche Arbeitszeit kann für Menschen und Thiere zu $T = 8$ Stunden angenommen werden und die vortheilhaftesten Werthe von K und C sind nach Erfahrungen in nachstehender Tabelle für verschiedene Individuen zusammengestellt.

Indiv.	Gewicht.	Maschine.	K	C	K C
	Kilg.		Kilg.	Meter.	Kilgrmt.
Mensch	70	ohne Maschine . . .	14	0·8	11
		am Hebel . . .	5	1·1	5·5
		an der Kurbel . . .	8	0·8	6·4
		am Göpel . . .	12	0·6	7·2
		am Tretrad . . .	12	0·7	8·4
Pferd	280	24 ⁿ Ansteigen am Steigrad . . .	60	0·2	12
		ohne Maschine . . .	56	1·3	73
Ochse	280	am Göpel . . .	44	0·9	40
		ohne Maschine . . .	60	0·8	48
Maulesel	234	am Göpel . . .	65	0·6	39
		ohne Maschine . . .	47	1·1	52
Esel	168	am Göpel . . .	30	0·9	27
		ohne Maschine . . .	37	0·8	30
		am Göpel . . .	14	8·0	11

Beträgt aber die tägliche Arbeitszeit nicht T , sondern Z Stunden und erfolgt die Thätigkeit nicht mit einer Geschwindigkeit C , sondern mit einer Geschwindigkeit v , so vermag das Individuum einen Widerstand P zu überwinden, der nach *Gerstner* durch folgenden Ausdruck berechnet wird:

$$P = \left(2 - \frac{v}{C}\right) \left(2 - \frac{Z}{T}\right) K \dots \dots \dots (2)$$

und dann ist die tägliche Arbeitsleistung:

$$W, = 3600 P v Z = 3600 \left(2 - \frac{v}{C}\right) \left(2 - \frac{Z}{T}\right) K v Z \dots \dots (3)$$

Dieser empirische Werth von P gründet sich darauf, dass ein Individuum nicht mehr im Stande ist, einen wenn auch noch so kleinen Widerstand dauernd zu überwinden, wenn die Geschwindigkeit v der Thätigkeit zweimal so gross ist als die vortheilhafteste Geschwindigkeit, oder wenn die Arbeitszeit Z zweimal so gross ist als die vortheilhafteste T .

Erfolgt eine Thätigkeit mit der vortheilhaftesten Geschwindigkeit c aber nur während kurzen Zeitintervallen, auf welche längere Ruhepausen folgen, so darf man nehmen:

$$v = c, \quad Z = 0$$

und dann wird vermöge (2):

$$P = 2 K$$

Dieser Werth darf in Rechnung gebracht werden bei Arbeiten an Krahen und Winden, die nur von Zeit zu Zeit vorgenommen werden. Für eine solche Arbeit ist $K = 8$, daher $2 K = 16$ Kilogramme.

Der grösste Widerstand, der innerhalb eines Tages nur durch ganz kurze Zeit überwunden werden kann, folgt aus (2), wenn man $v = 0$, $Z = 0$ setzt, und man findet $P = 4 K$, oder für einen Menschen $4 K = 32$ Kilg.

Natürlich dass hier nur von derjenigen Thätigkeit die Rede ist, welche die Menschen als Arbeit entwickeln, wenn sie sich im Schweisse ihres Angesichtes ihr Brod verdienen, ohne ihre Gesundheit aufzureiben. Die Kraftentwicklungen der Menschen bei geistigem Aufschwung, bei heldenmässigen Leistungen kommen bei unseren Zwecken nicht in Betrachtung.

Der praktische Werth der Menschen und Thiere als Motoren.

Ogleich ein Kilogramm billigster, aber doch noch die Gesundheit erhaltender Menschennahrung 20 bis 30 mal mehr kostet als ein Kilogramm Steinkohlen, so ist doch die Wärmethätigkeit, welche einem Kilogramm Nahrungsmittel entspricht, nicht grösser als die von einem Kilogramm Steinkohlen, und ist demnach die Kraftleistungsfähigkeit von einem Kilogramm Nahrungsmittel nicht grösser, sondern (wegen des nothwendigen Stickstoffgehaltes) kleiner als die von einem Kilogramm Steinkohlen. Nahrungsmittel sind daher immer 20 bis 30 mal kostspieligere motorische Substanzen als Steinkohlen. Wäre der menschliche Organismus als Kraftmaschine betrachtet nicht besser als eine Dampfmaschine, so würde die Kraft-