

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 31 (1940)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Elektrizität aus Muskelkraft  
**Autor:** Hug, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061343>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Elektrizität aus Muskelkraft.

Von F. Hug, Baden.

612.76  
621.087 : 621.313.12

*Schaltung und Wirkungsweise eines Demonstrationsmodells zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Muskelkraft werden näher beschrieben. Es wird die Beziehung der menschlichen mechanischen Leistung und Arbeit zu den bekannten elektrischen Einheiten der Leistung und Arbeit erörtert.*

Mit den Tretradern des Altertums wurden Wasser und Lasten aus Bächen und Tiefen gefördert. Kanalanlagen und Befestigungswerke entstanden schon frühzeitig durch menschliche Muskelarbeit mit Hilfe des Tretrades. Es war deshalb besonders reizvoll, an der Schweiz. Landesausstellung 1939 in Zürich die Beziehungen des menschlichen Arbeitsvermögens zur elektrischen Leistungseinheit

*L'auteur décrit le montage et le fonctionnement d'un modèle de démonstration pour la production d'électricité par la force musculaire. Il expose ensuite les relations entre la puissance et le travail humains et les unités bien connues de la puissance et du travail.*

tion, so dass stets alle drei elektrischen Generatoren durch entsprechende Verbraucher belastet werden (Fig. 2 und 3). Die relativ geringe erzeugbare menschliche Leistung einerseits und die unverhältnismässig grossen mechanischen und elektrischen Umformungsverluste einer solch kleinen Anlage andererseits liessen den Gedanken aufkommen, die Uebertragung auf indirekte Weise, unter Zuhilfe-

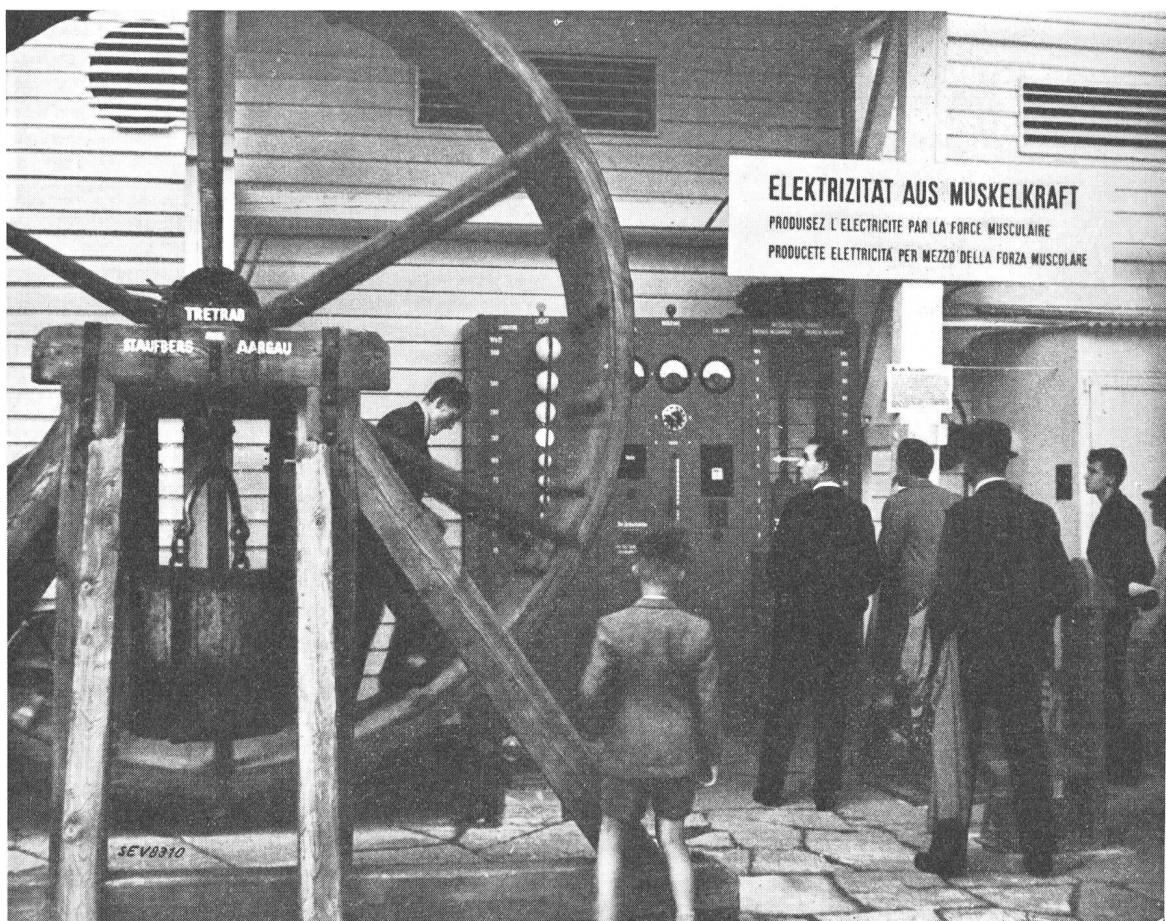


Fig. 1a.  
Das Tretrad.

Kilowatt (kW) resp. der Arbeitseinheit Kilowattstunde (kWh) zur Darstellung zu bringen. Den Ausstellungsbesuchern wurde Gelegenheit geboten, ihre äussere Muskelarbeit in elektrische Energie und diese in die Formen von Licht, Wärme und mechanische Arbeit umzuwandeln (Fig. 1). Die Energieerzeugung durch Arme, Beine und das Körpergewicht wurde durch Handkurbel, Fahr- und Tretrad ermöglicht. Ein Umschalter vermittelt die zyklische Vertauschung der bestehenden Kombina-

nahme von Fremdenergie, scheinbar mit 100 % Wirkungsgrad vorzunehmen. Dieses Regulierproblem wurde so gelöst, dass von der direkt erzeugten Energie die Steuerspannung gewonnen wurde, die ihrerseits die verfügbare Hilfsenergie mit Bezug auf die elektromechanischen Verluste richtig zu dosieren hatte.

Jeder der drei Antriebe arbeitet über ein Ketten- und Drehzahlerhöhungsgetriebe auf eine fremd-erregte Gleichstromdynamo von ca. 160 Watt Dauer-

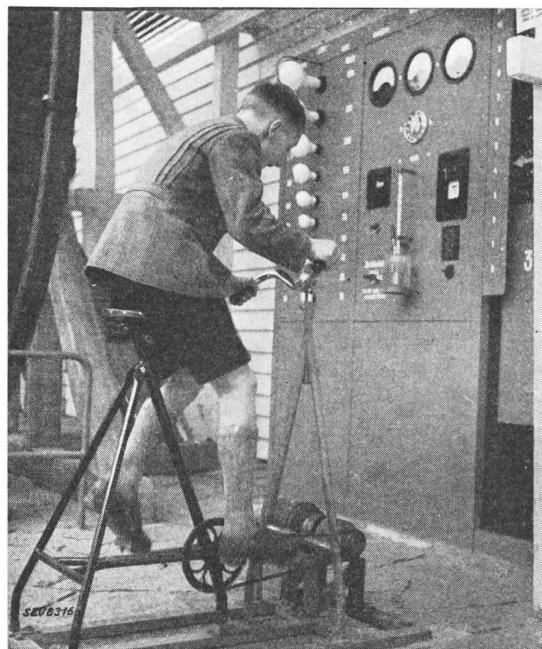


Fig. 1b.  
Das Fahrrad.

leistung. Die erzeugte, mit der Umdrehungszahl linear verlaufende Gleichspannung wirkt auf einen entsprechend eingestellten Belastungswiderstand, um dem sich abmühenden Besucher das erforderliche Bremsmoment bei günstigster Drehzahl entgegenzustellen. Spannung und Stromstärke steigen somit im Verhältnis zur Drehzahl des Antriebes an, was einen quadratischen Charakter der Leistungsabgabe zur Folge hat (Fig. 4). Im Maschinenlaboratorium der ETH wurden die Gesamtwirkungsgrade einer solchen Gruppe bestimmt, woraus der Verlauf der Antriebsleistung abgeleitet werden konnte.

Die Steuerspannung wirkt auf eine Magnetspule, deren beweglicher federbelasteter, ölgedämpfpter Kern die auf einer Scheibe aufgereihten Quecksilberschaltrohren betätigt, die je nach der Scheibenstellung sukzessive einen fremdgespeisten Stromkreis schliessen. Hierdurch wird eine der mechanisch aufgegebenen Leistung entsprechende Verbraucherstufe eingeschaltet (Glühlampe, Tauchsieder, Motor). Die Zug-Charakteristiken des Elektromagneten bei verschiedenen Spannungen resp. Kernstellungen ergeben mit den linearen Gegen-

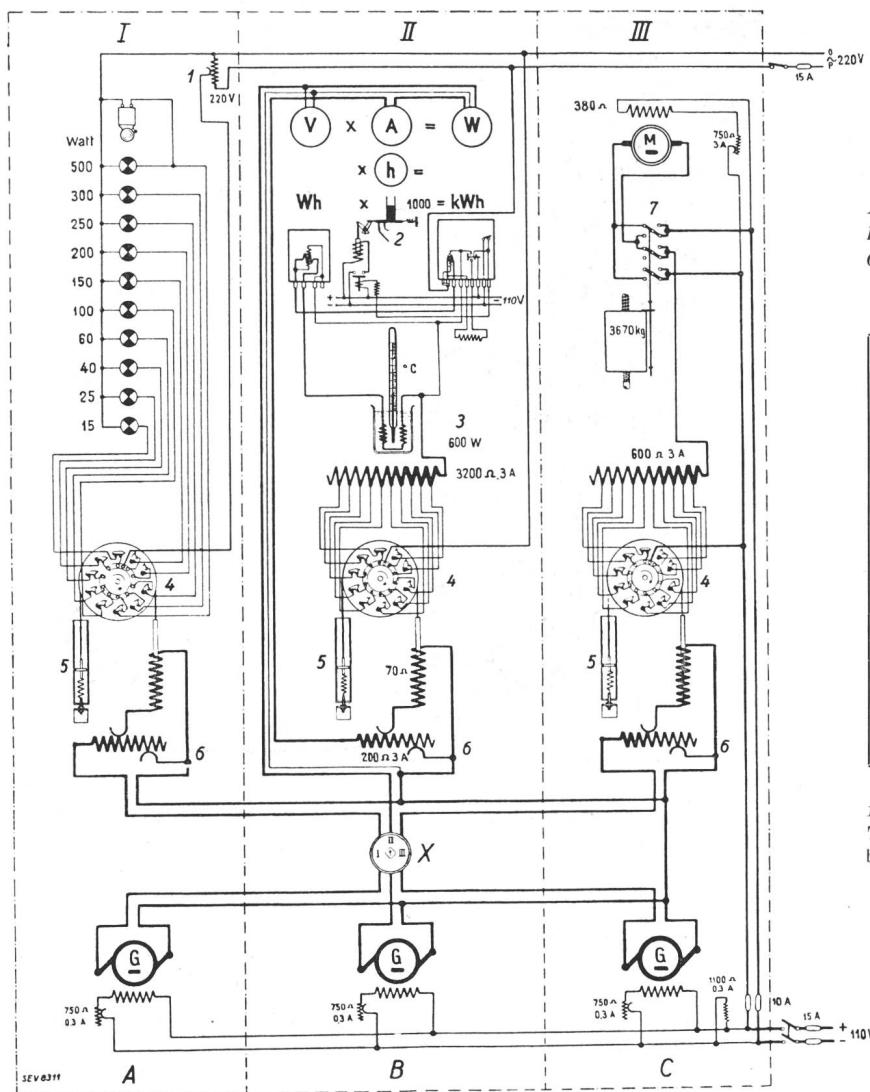


Fig. 2.  
Schaltungsschema.

A Tretrad	I Licht
B Fahrrad	II Wärme
C Kurbel	III Mechanische Arbeit.

X Umschalter:

Stellung I:	
Tretrad	Licht
Fahrrad	Wärme
Kurbel	Mechanische Arbeit

Stellung II:	
Tretrad	Wärme
Fahrrad	Mechanische Arbeit
Kurbel	Licht

Stellung III:	
Tretrad	Mechanische Arbeit
Fahrrad	Licht
Kurbel	Wärme

1 Autotransformator. 2 Geldauswurf. 3 Tauchsieder 600 W. 4 Wippenrad. 5 Oelbremse. 6 Belastungswiderstand. 7 Moment-Endumschalter.

kräften der Feder stabile Punkte, die mit Bezug auf die Steuerspannung und somit die Drehzahl der Dynamo einen nahezu quadratischen Verlauf aufweisen (Fig. 5). Eine genauere Einstellung konnte

Zum Schaltungsschema ist noch ergänzend zu bemerken, dass die Totalwirkungsgrade des elektromechanischen Teils bei der Eichung des Ampèremeters und Wattmeters zu berücksichtigen waren. Die

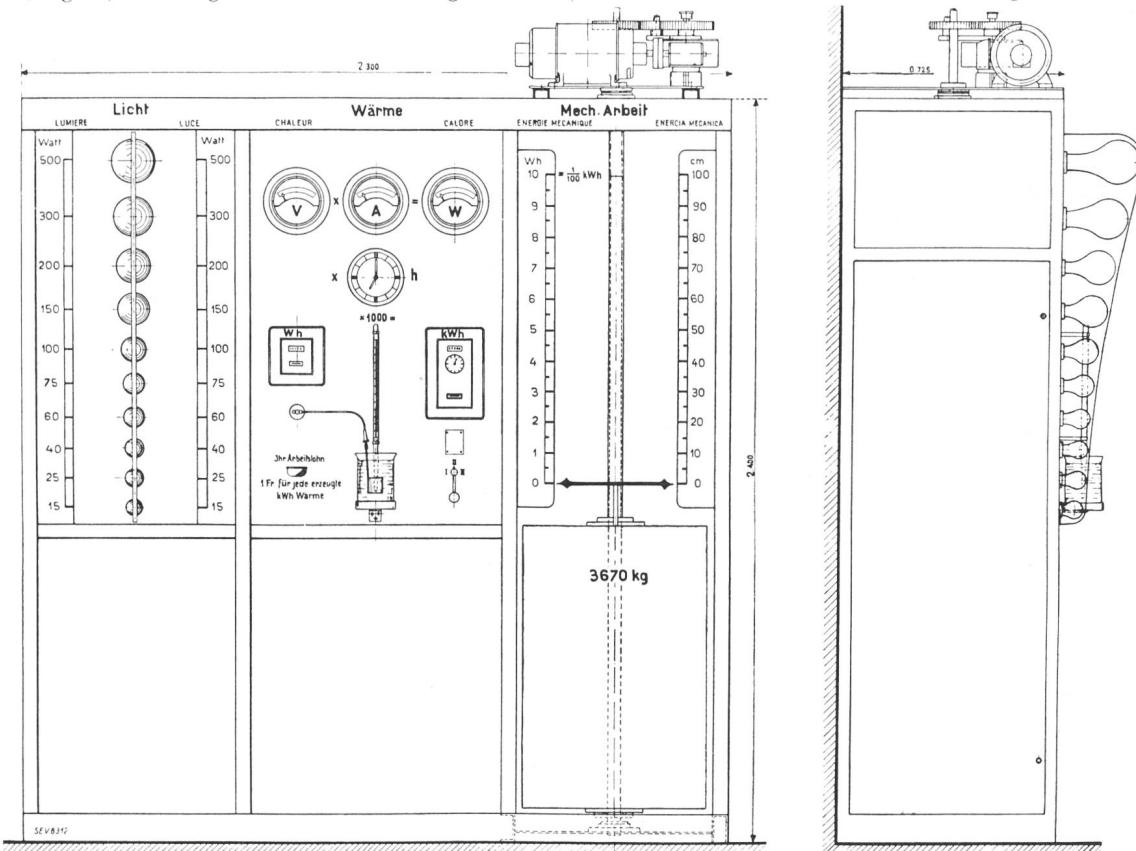


Fig. 3.  
Schalttafel.

mit der Winkelstellung der Quecksilberkontakte erreicht werden.

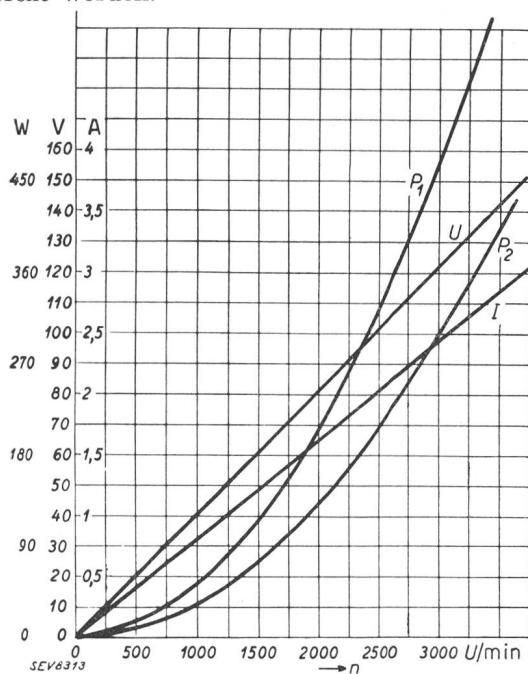


Fig. 4.

Charakteristik der Gleichstrom-Dynamo (Fremderregung).  
 $P_1$  Antriebsleistung,  $P_2$  Abgegebene Leistung.  $U$  Spannung.  
 $I$  Strom.  $n$  Drehzahl.

elektrische Wärme-Arbeit wird mit einem Wattstunden- und Kilowattstunden-Zähler direkt gemessen. Der Kilowattstunden-Zähler steuert einen Geldautomaten, der nach erfolgter Erzeugung einer Kilowattstunde Wärmeenergie ein Frankenstück auswirft. Es mag vielleicht interessieren, dass während der 6 Monate Dauer der Ausstellung ca. 42 kWh erarbeitet wurden.

Zur Veranschaulichung mechanischer Arbeit kann ein Gewicht von 3670 kg ein Meter hoch gehoben werden, was einer Arbeit von 10 Wattstunden ( $\frac{1}{100}$  kWh) entspricht. Der zugehörige Regulierapparat steuert hierbei den Ankerstrom eines fremderregten Gleichstrommotors, der über ein Uebersetzungsgetriebe mit Spindel das Gewicht anhebt. Nach Erreichen der oberen Endstellung bewirkt eine selbsttätige Umsteuerung das Senken in die Anfangslage.

Mit diesem Demonstrationsmodell werden wiederum die Äquivalente von Leistung und Energie<sup>1)</sup> auf einfache Weise in Erinnerung gerufen.

Es war daher verlockend, mit Hilfe der beschriebenen Einrichtung die Charakteristik der

$$1 \text{ kW} = 101,9 \text{ mkg/s} = 1,359 \text{ PS} = 0,239 \text{ kcal/s.}$$

$$\text{Energie, Arbeit.}$$

$$1 \text{ kWh} = 367000 \text{ mkg} = 860 \text{ kcal.}$$

Muskelarbeit eines Menschen, gemessen mit den bekannten technischen Einheiten Watt und Wattstunde vor Augen zu führen. Fig. 6 zeigt das Ergebnis der an verschiedenen Besuchern aufgenommenen Maximalleistungen, in Beziehung zur Zeit gebracht und in geordneter Folge. Als Asymptote dürfte eine «Dauerleistung» von ca. 85 Watt (ca.  $\frac{1}{9}$  PS) anzusehen sein. Die Ueberlastungsfähigkeit beträgt somit das 5- bis 10fache der Dauerleistung. Die maximale Tagesarbeit eines Menschen dürfte ca. 0,6 bis 0,7 kWh betragen.

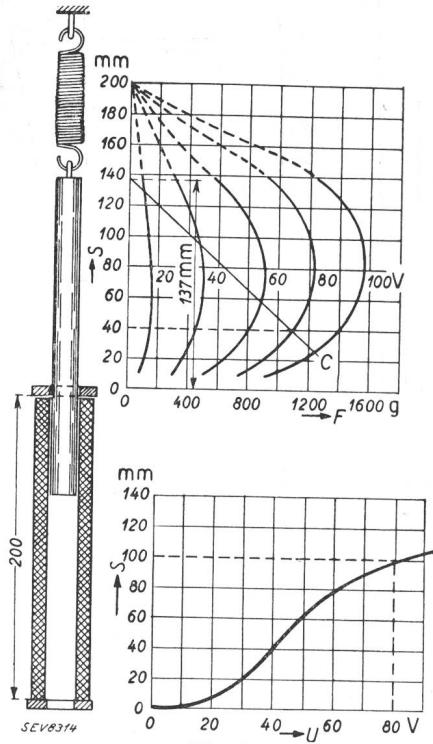


Fig. 5.

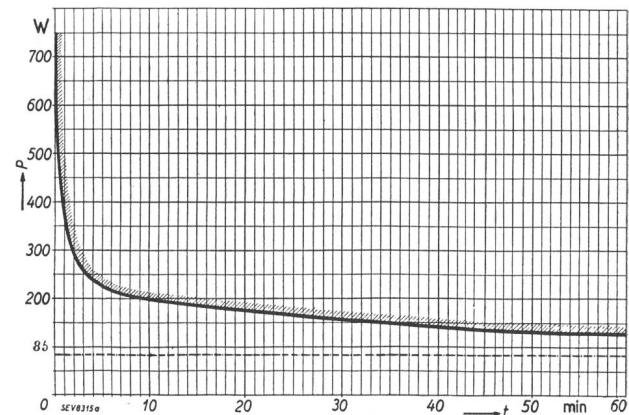
**Charakteristik der Magnetspule.**

Oben: Hub  $s$  in Funktion der magnetischen Zugkraft  $F$ , bzw. der Federgegenkraft.  $C$  Federcharakteristik.  
Unten: Hub  $s$  in Funktion der an die Spule gelegten Spannung  $U$ .

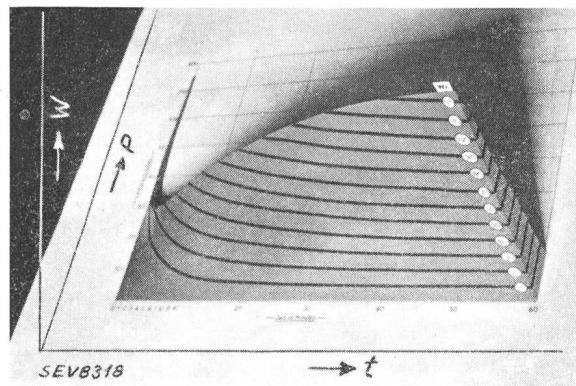
In das schraffierte Arbeitsgebiet kann mit menschlichem Kraftaufwand kaum wesentlich weiter eingedrungen werden. Die jedem Leistungspunkte zugeordnete, in der Senkrechten zur Blattebene aufgetragene Arbeit in Abhängigkeit der Beanspruchungsdauer zeigt Fig. 7 des Raum-Modells. Das grösste Arbeitsvolumen wird bei Teillasten, nicht bei Spitzenleistungen erhalten. Diese Darstellung dürfte allgemein für verschiedene Zweige der Technik von Interesse sein, da neuerdings wiederum menschliche Antriebe vermehrte Bedeutung gefunden haben (militärische Funk- und Signalstationen,

Ventilationsanlagen in Forts und Luftschutzräumen, im alpinen Rettungsdienst usw.).

Die Auffassung, dass die chemische Energie der Nahrungsmittel schliesslich als äussere Muskelarbeit

Fig. 6.  
Leistungskurve eines Menschen.

und Wärme wiedererscheint, lässt auf eine Analogie in der Technik aufmerksam machen. Die höchste kurzzeitige bis stossweise Entladung eines Bleiakkumulators ergibt eine ähnliche zulässige Arbeitsentnahme, wie bei äusserer Muskelarbeit. Ein Akkumulator Typ J3 I der Akkumulatorenfabrik Oerli-

Fig. 7.  
Raummodell des Arbeitsvolumens des Menschen.  
 $t$  Zeit der Beanspruchung, in min.  $P$  Leistung in W.  
 $W$  Arbeit in Wh.

kon entwickelt mit auffallender Annäherung quantitativ und qualitativ eine stündliche Entladeenergie, wie sie dieses topographische Arbeitsmodell menschlicher Muskelkraft veranschaulicht. So mahnt diese Brücke zwischen Technik und Physiologie wiederum an die grosse Einheit im ganzen Naturgeschehen.

**Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.****Eine neue Steckfassung für Glühlampen.**

621.329.1

In der modernen Beleuchtungstechnik müssen sehr oft Transparente, Leuchtschemata und Signalanlagen aller Art von der Rückseite aus intensiv ausgeleuchtet werden. Das Auswechseln ausgebrannter Glühlampen bietet aber meist infolge der speziellen Konstruktion der Leuchtanlage einige

Schwierigkeiten und macht häufig ein Abstellen der Anlage nötig. Um diese Nachteile zu beheben, wurde eine Spezialfassung entwickelt<sup>1)</sup>, welche ein Auswechseln der Glühlampen von der Rückseite des Lampensockels her auf bequeme Art absolut gefahrlos gestattet.

Aus Fig. 1 ist der konstruktive Aufbau dieser Steckfassung ersichtlich. Diese besteht aus einer ringförmigen Grundplatte

<sup>1)</sup> Durch Rauscher & Stoecklin A.-G., Sissach.