

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Budapest.)

Über den Energieumsatz beim Ernten.

I. Mitteilung¹.

Von

G. Farkas, J. Geldrich und A. Szakáll.

(Eingegangen am 26. November 1928.)

Das Leben des landwirtschaftlichen Arbeiters zeigt eine strenge Periodizität. Im Winter fast zur Untätigkeit verurteilt, bringt ihm das Frühjahr die Aktivität wieder zurück, deren Intensität im Sommer ihren Höhepunkt während der Ernte erreicht, um dann wieder gegen den Tiefpunkt zu steuern. Die physiologischen Beziehungen des Organismus zu diesen äußeren Lebensverhältnissen sind noch gänzlich un- aufgeklärt. Ja wir sind nicht einmal über die Größe des Energieumsatzes bei diesen Arbeiten unterrichtet.

Die Erntearbeiten verdienen aber nicht nur aus diesem Grunde unser Interesse, sondern auch deshalb, weil sie schon an und für sich sehr anstrengend sind, durch ihre Dauer aber (12—16 Arbeitsstunden täglich) die obere Grenze menschlicher Leistung bei beruflicher Betätigung erreichen. Die Erforschung derselben ist aber von hoher physiologischen Wichtigkeit. Dieser Umstand bewegte uns, einige Untersuchungen darüber in der Erntesaison vom Jahre 1926 anzustellen.

Als erster Versuch, den Energieverbrauch bei landwirtschaftlicher Arbeit festzustellen, ist *Loewy* und *Schroetters* Abhandlung² anzusehen. Sie bestimmten bei einer akklimatisierten Person in Davos den Energieaufwand in einem Versuch beim Mähen von Klee und in einem beim Heutragen. Allein, es läßt sich aus diesem Versuch, wie dies schon die ausgezeichneten Forscher betonen, die absolute Größe des Energieverbrauches der sehr niedrigen Respirationsquotienten (R. Q.) wegen, welche in der Ruhe stehend einen Wert von 0,66, beim Mähen 0,64, beim Heutragen 0,53 aufweisen, nicht zuverlässig berechnen. Auch hielten wir es für angebracht, angesichts der großen physiologischen Bedeutung der Resultate, um gute Mittelwerte zu erhalten, die Untersuchungen auf ein größeres Material auszubreiten.

¹ Diese Arbeit wurde mit der Unterstützung des Naturwissenschaftlichen Senats ausgeführt.

² Wien. med. Wschr. 1925, Nr 27, 1585.

Methodisches.

Der Energieumsatz wurde indirekt, d. h. durch Bestimmung des respiratorischen Gaswechsels ermittelt. Dazu bedienten wir uns der Douglasschen Sackmethode¹. Der Sack war von 100 l Kapazität und in den Versuchen als Rucksack am Rücken der Versuchsperson angebracht. Das Mundstück wurde mittels einer Kappe am Kopfe befestigt. Nach Beendigung der Versuchsperiode wurde der Sack gut durchgemischt, die Menge der expirierten Luft durch eine trockene Gasuhr gemessen und eine Probe sofort in einem kalibrierten portablen Haldane-Apparat analysiert. Letztere Handlungen sind alle im Schatten (unter einem großen Sonnenschirm) ausgeführt worden. Reduktion, sowie Berechnungen des Volumens der inspirierten Luft mit der N₂-Korrektion erfolgten in der bekannten Weise². Die Calorien mittels der Zuntzschen Tabelle, die Arbeitswerte der Vergleichbarkeit wegen mit 20% Nutzeffekt angegeben.

Als Versuchspersonen dienten berufsmäßige landwirtschaftliche Arbeiter von ziemlich kräftigem Körperbau, teils aus dieser, teils aus anderer Gegend (Eger, Komitat Heves) Ungarns. Alle waren gesund, normal und von bekanntem ruhigen Temperament des ungarischen Bauers. Das Terrain war zumeist eben. Das Getreide durch den fast täglichen Regen ziemlich saftig, bald stehend, bald liegend, teils mit viel, teils mit wenig Unkraut. Die Sensen waren 2,5 kg schwer, und wurden auch im alltäglichen Leben von den Versuchspersonen bei Ausführung ihrer Arbeit benutzt.

Die Versuche fanden zumeist vormittags statt, in einigen Fällen erstreckten sie sich jedoch über den ganzen Tag. Um das Atmungsgleichgewicht auch in der Arbeitsperiode zu sichern („steady state“, von Hill), ist jeder Bestimmung eine Vorperiode von 5 Minuten Dauer vorausgegangen, während welcher völlig ausgerüstet dieselbe Tätigkeit ausgeführt wurde ohne Bestimmung, wie im Versuch selbst. Die Versuche erfolgten stets in Doppelversuchen, indem nach Beendigung der ersten Bestimmung sofort der 2. Versuch begann. Die Versuchsdauer war immer so lang, daß sich der Sack voll angefüllt hat. Die Zeit ist mit Stoppuhr gemessen, die Atemfrequenz abgerundet angegeben. Die in den Tabellen angeführte Temperatur ist die Temperatur der Gasuhr im Zeitpunkt der Bestimmung.

Über das Ausführen der Arbeiten sei folgendes bemerkt:

In der Erntezeit beginnt die Arbeit noch beim Morgengrauen, also 1/4—4 Uhr, und dauert mit 3maligem Unterbrechen (von 7—1/2 8, von 12—1, von 5—1/2 6 Uhr für die betreffenden Mahlzeiten) in der Regel bis 9 Uhr abends. Manchmal, wenn die Zeit dazu drängt, sogar bis 11 Uhr nachts. Demnach ist der Energieumsatz bald nüchtern, bald nach Nahrungsaufnahme bestimmt, je nach der Zeit, in welcher die Bestimmung stattgefunden hat.

Der Ruheumsatz ist stehend in der Weise ermittelt worden, daß die Versuchsperson vor der Bestimmung mindestens 1 Stunde lang auf einem armlosen Stuhl im Schatten ruhig gesessen und am selben Tage vorher womöglich überhaupt keine Arbeit verrichtet hat. Darauf folgten die Arbeitsperioden. Zuerst wurden immer die mindest, dann die mehr, und endlich die ganz anstrengenden Arbeiten ausgeführt. Zwischen diesen einzelnen Arbeitsperioden hat die Versuchsperson, wo nicht anders angegeben, in der Regel etwa 1/2 Stunde ruhig gestanden. Die Arbeiten sind in allen unseren Versuchen so ausgeführt worden, wie es hierzulande der allgemeine Gebrauch ist. In den folgenden Tabellen sind nur jene angeführt, wo die Ruheumsatzwerte in den Parallelversuchen binnen 5% miteinander übereinstimmen, von den Ruheumsatzwerten jedoch nur einer angeführt (s. Tab. 1).

¹ J. of Physiol. 42 — Proc. Physiol. Soc. 1911.

² C. G. Douglas und J. G. Priestley, Human physiologie. Oxford 1924.

Tabelle 1. Übersicht der Versuche und Versuchspersonen.

Datum 1927	Nr. des Ver- suches	Bezeich- nung der Versuchs- person	Alter in Jahren	Körper- gewicht netto kg	Höhe netto cm	Ge- schlecht	Bezeichnung der Arbeit	Ruheumsatz pro kg Körpergewicht Stunde		Bemerkung
								gefunden kg/cal	berechnet kg/cal	
6. VII.	1.	A.	38	76	173	♂	Kleemähren	1,492	—	nicht nüchtern
7. VII.	2.	B.	54	68	163	♂	Weizenerten	1,525	—	"
8. VII.	3.	C.	23	63	171	♂	"	1,772	—	"
9. VII.	4.	D.	39	66	173	♂	"	1,330	1,10	nüchtern
18. VII.	5.	E.	33	56	154	♀	Abraffen	1,621	—	nicht nüchtern
14. VII.	6.	C.	23	63	171	♂	Gersteerten	1,521	1,05	nüchtern
22. VII.	7.	F.	24	60	166	♂	Wickeerten	1,688	—	nicht nüchtern

Tabelle 2.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers- dauer in Min.	Tem- peratur °C	Atem- fre- quenz pro Min.	Red. Volu- men l	Red.Vo- lumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min. in kg/cal	Mehrverbrauch		
												pro Min. in kg/cal	mg ¹	
Ruheumsatz Anmähen	10 St. 0—8 Min.	I.	8	28	15	65,08	8,13	315	394	0,80	1,891	Pro kg Körper- gewicht u. St. = 1482 kg/cal	8,673	741
	30—32 "	II.	2	29	17	70,98	35,49	1856	2172	0,85	10,564	10,182	869	
	50—52 "	III.	2	28	20	82,95	41,47	2111	2484	0,85	12,073	7,598	649	
	11 St. 38—40 "	IV.	2	28	21	74,35	37,17	1710	1937	0,88	9,489	7,825	668	
	48—50 "	V.	2	27	20	66,22	33,11	1510	2063	0,73	9,716	7,273	621	
	58—60 "	VI.	2	26	20	63,43	31,71	1630	1874	0,87	9,164			

¹ Mit 20% Nutzeffekt berechnet.

Ergebnisse.*Versuch 1.*

Versuchsperson A. Arbeit: Kleemähen. Die Versuchsperson hat um $\frac{1}{2}$ 9 Uhr 50 g Speck mit 100 g Brot gegessen. Der Klee ist noch etwas feucht vom Tau. *Terrain:* eine vollkommen ebene Kleetafel.

Bemerkungen zu Tab. 2 ad II: Schärft 10 Sekunden mit dem Wetzstein die Sense und mäht dann. Pro Minute 25 Sensenschläge. Mähen aufs Schwad.

III: Reines Mähen. 25 Sensenschläge pro Minute.

IV: Dasselbe wie Nr. III. 26 Sensenschläge pro Minute.

VI: Wie Nr. III. 26 Schläge pro Minute.

Ohne Mundstück wurden durchschnittlich 27 Sensenschläge pro Minute ausgeführt bei einer Breite von 1,9 m. Im Durchschnitt erhalten wir 0,343 kg/cal Mehrverbrauch pro 1 Sensenschlag. Im allgemeinen sind diese Werte etwas höher als *Loewy-Schrötters* Angaben, wo der O_2 -Verbrauch pro Minute 1326 ccm betrug, doch stimmen unsere Werte untereinander gut überein und die etwas höheren Daten in Nr. II—III sind wahrscheinlich mit der bekannten Tatsache zu erklären, daß bei Beginn der Arbeit (die Versuchsperson hatte diesen Morgen noch nichts gearbeitet, außer einige Stallarbeiten ganz früh) die Arbeitswerte immer einen etwas höheren Wert aufweisen.

Versuch 2.

Versuchsperson B. Arbeit: Getreideernten. Winterweizen, trocken, stehend, nicht sehr dicht, jedoch stark mit Unkraut gemischt. *Terrain:* eben. Versuchsperson mäht und bindet mit nüchternem Magen seit 4 Uhr morgens. Hat um 7 Uhr gefrühstückt (Kartoffelsuppe mit Brot), dann ruhig, rastend.

Bemerkungen zu Tab. 3 ad II—III: Anfertigen von je 15 Stück Strohstricken aus Weizenstroh: Versuchsperson bückt sich, rafft eine Handvoll Halme auf, dreht sie 5 mal zusammen, biegt den Strick in der Mitte ein und wirft ihn beiseite. Pro Minute 3,7 Stück Stricke.

IV—V: Einbinden der Garben: Versuchsperson beugt sich, erfaßt die Enden des Strohbandes, zieht es über der Garbe zusammen, zieht die Enden fest an, dreht sie 3 mal zusammen, steckt die frei gebliebenen Enden endlich unter das Band ein und wendet die fertige Garbe auf die untere Seite um. 3 Stück pro Minute.

VI: Sensenschärfen mit dem Wetzstein (10 Sekunden) und Mähen. Pro Minute 27 Sensenschläge und 6,6 m lange, 1,5 m breite Strecke.

VII: Dasselbe wie Nr. VI. Pro Minute 20 Sensenschläge und 5,45 m lange, 1,6 m breite Strecke gemäht.

In der Zwischenzeit wurde dieselbe Arbeit wie im betreffenden Versuche bis zur nächsten Bestimmung auf dem Felde ausgeführt.

Bei den Erntearbeiten zeigt das Anfertigen von Strohbindern den geringsten Energieaufwand, wogegen beim Einbinden und Mähen der Energieverbrauch weit höher ansteigt. Letztere weisen fast gleiche

Tabelle 3.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Tem-perat. °C	Atem-fre-quiz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Vo-lumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min. kg/cal	Mehrverbrauch pro Min. in kg/cal	Pro kg Körper-Gewicht und St. = 1,725 kg/cal
Ruheumsatz . . .	9 St. 12—20 Min.	I.	8	26,5	15	65,61	8,20	287	361	0,79	1,729	Pro kg Körper-Gewicht und St. = 1,725 kg/cal	
Anfertigen der Strohblätter . . .	51—55 "	II.	4	26,5	18	68,87	17,42	756	946	0,80	4,540	2,811	240
Desgl.	56—60 "	III.	4	29	18	79,62	19,90	913	1047	0,87	5,118	3,389	289
Einbinden . . .	10 St. 30—33 "	IV.	3	27	20	95,31	31,77	1696	2001	0,85	9,731	8,002	683
"	34—37 "	V.	3	27	20	107,88	35,96	1866	2194	0,85	10,661	8,932	763
Mähen	11 St. 11—14 "	VI.	3	28	26	87,29	29,10	1464	1938	0,76	9,206	7,477	638
"	16—18 " 45 Sek.	VII.	2,75	28	26	89,81	32,66	1639	1976	0,83	9,563	7,834	669

Tabelle 4.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Tem-perat. °C	Atem-fre-quiz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Vo-lumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min. kg/cal	Mehrverbrauch pro Min. in kg/cal	Pro kg Körper-Gewicht und St. = 1,772 kg/cal
Ruheumsatz . . .	8 St. 19—27 Min.	I.	8	25	28	80,36	10,04	314	387	0,81	1,861	Pro kg Körper-Gewicht und St. = 1,772 kg/cal	
Anfertigen der Stricke	47—51 "	II.	4	27	30	82,03	20,51	865	970	0,89	4,763	2,902	248
Desgl.	52—55 " 30 Sek.	III.	3,5	27	30	82,38	23,53	927	1007	0,92	4,985	3,124	267
Mähen	9 St. 25—26 " 22 "	IV.	1,37	27	30	52,15	38,07	1617	1877	0,86	9,159	7,298	623
"	42—44 " 05 "	V.	2,08	27	31	68,40	32,88	1557	1850	0,86	8,981	7,120	608
"	45—47 " 23 "	VI.	2,38	27	28	76,61	32,06	1552	1776	0,87	8,685	6,824	583
"	15 St. 35—37 "	VII.	2	29	26	74,61	37,60	1764	1958	0,90	9,635	7,774	664
"	39—41 "	VIII.	2	29	27	78,50	39,25	1951	2096	0,93	10,396	8,535	729
Mandeln	19 St. 2—4 " 17 "	IX.	2,3	30	30	88,15	37,99	1728	2089	0,83	10,113	8,252	705

Werte auf und der O₂-Verbrauch ist etwa 5 mal größer als im Ruhezustand (2000 ccm pro Minute). Die Werte fürs Mähen stimmen in den Versuchen 1 und 2 sehr gut überein.

Versuch 3.

Versuchsperson C. Arbeit: Getreideernten. Winterweizen, stehend, ein wenig mit Unkraut gemischt, wegen Nebel morgens etwas feucht. Später sonniges, nachmittags trübes Wetter. *Terrain:* eben. Von 1/2⁵ bis 6 Uhr hat die Versuchsperson Strohstricke bereitet, um 6 Uhr hat sie gefrühstückt (Milch und Brot), seither bis 1/2⁸ gerastet.

Bemerkungen zu Tab. 4 ad II: Die Versuchsperson bückt sich, rafft eine Handvoll Halme von im Haufen nebenbei liegenden Weizen auf, teilt sie, bringt die Sturzenden aneinander, dreht sie 8 mal zusammen, biegt den Strick in der Mitte ein und wirft ihn auf den Haufen beiseite. Pro Minute 3,2 Stricke.

III: Dasselbe wie II. Pro Minute 3,7 Stricke.

IV: Sensenschärfen (15 Sekunden) und Mähen, wobei der Weizen nicht in Schwaden gemäht wird, sondern an das noch stehende Getreide angehauen wird. Pro Minute 29 Sensenschläge. Pro Hieb = 0,258 kg/cal.

V: Sensenschärfen (15 Sekunden) und Mähen wie in Nr. IV. Pro Minute 25 Hiebe.

VI: Dasselbe wie Nr. V. 25 Hiebe pro Minute.

VII—VIII: Hat um 2 Uhr zu Mittag gegessen (70 g Speck und 400 g Brot). Mähen und Sensenschärfen wie in Nr. V. 27—30 Hiebe pro Minute.

IX: 18 Garben werden in ein Mandel (Kreuzmandel) zusammengetragen, die Garben mit dem Ährenende innen aufeinander schlichtend und ein Mandel wird aufgestellt.

Wir finden in diesem Versuch die Bestätigung der für dieselben Arbeiten beim Ernten von stehendem Weizen in Versuch 2 gefundenen Werte. Außerdem geht es aus Tabelle 4 hervor, daß das Mandeln einen ebenso großen, wenn nicht vielleicht einen größeren Energieaufwand erfordert als das Mähen.

Versuch 4.

Versuchsperson D. Arbeit: Liegendes Getreideernten. Winterweizen, vom Tau noch feucht, mit vielem Unkraut gemischt, wirbelförmig liegend. *Terrain:* eine Mulde und deren Seite. Die Arbeit hat um 4 Uhr früh begonnen. Versuchsperson ist nüchtern, sitzt seit 5 Uhr 15 Minuten ruhig auf einem Stuhl.

Das Anfertigen von Stricken weist hier einen etwas höheren, das Einbinden der Garben etwas niedrigeren Wert auf wie in den früheren Versuchen. Bei letzterem ist aber zu beachten, daß in diesem Versuch die fertigen Garben *nicht* auch noch gewendet wurden. Beim Mähen ist der Energieumsatz fast auf das Maximale gestiegen. In diesem Versuch entfällt auf 1 Sensenschlag ein Mehrverbrauch von 0,415 kg/cal, hingegen in Versuch 3 im Durchschnitt nur 0,28 kg/cal.

Tabelle 5.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Temperatur °C	Atemfrequenz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Volumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min.		Mehrverbrauch pro Min. in	
											kg/cal	mkg	kg/cal	mkg
Ruheumsatz . . .	6 St. 8—15 Min.	I.	7	24	18	60,99	8,71	267	297	0,90	1,461	—	—	—
Stricke machen	7 „ 10—13 „	II.	2	26	26	73,31	24,44	1019	1134	0,90	5,582	4,121	352	
Garbenbinden .	15—16 „ 33 Sek.	III.	1,55	26,5	28	53,64	34,61	1377	1668	0,83	8,074	6,613	565	
Mähen	8 „ 0—1 „ 30 „	IV.	1,5	27,5	30	67,70	43,13	2135	2644	0,80	12,691	11,230	959	

Tabelle 6.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Temperatur °C	Atemfrequenz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Volumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min.		Mehrverbrauch pro Min. in	
											kg/cal	mkg	kg/cal	mkg
Ruheumsatz . . .	16 St. 26—33 Min.	I.	7	27,5	18	50,43	7,20	263	311	0,85	1,512	—	—	—
Anfert. d. Stricke	46—51 „	II.	5	26	19	73,79	14,76	748	844	0,88	4,137	2,625	224	
Anfert. d. Stricke	52—56 „	III.	4	25	20	58,80	14,70	708	785	0,90	3,863	2,351	201	
Abraffen	17 „ 21—23 „ 34 Sek.	IV.	2,57	24	26	64,84	25,23	1867	1700	0,80	8,162	6,650	568	
Abraffen	18 „ 30—32 „ 34 „	V.	2,57	25	28	74,82	29,11	1554	1764	0,88	8,644	7,132	609	
Einbinden	18 „ 2—5 „	VI.	3	23	24	45,90	15,30	822	1056	0,78	5,046	3,534	302	
Einbinden	18 „ 6—8 „ 15 „	VII.	2,25	22	25	59,35	26,38	1409	1567	0,90	7,710	6,198	529	

Bemerkungen zu Tab. 5 ad II: Anfertigen der Stricke wie in Versuch 3, Nr. II—III. Pro Minute 3—7 Stück Stricke.

III: Einbinden wie in Versuch 2, Nr. IV—V. Die fertigen Garben werden aber nicht umgewendet.

IV: Sensenschärfen (10 Sek.) und Mähen auf Schwaden etwas bergauf (15 Min.).

Versuch 5.

Versuchsperson E. Arbeit: Getreideernten (Abraffen). Weizen und Witterung wie in Versuch 3. Versuchsperson hat den ganzen Vormittag beim Ernten als Abraffer mitgearbeitet, um 1 Uhr zu Mittag gegessen und bis 2 Uhr gerastet. Sitzt von 3 Uhr 30 Minuten ruhig auf einem Stuhl.

Bemerkungen zu Tab. 6 ad II—III: Anfertigen der Stricke wie in Vers. 3, Nr. II—III.

IV—V: Versuchsperson bückt sich, nimmt mit einem hölzernen Haken die Halme im Schoß auf, legt ein Bündelvoll quer über das Stroband, fertig fürs Binden. Der Weizen war *angemäht*, nicht in Schwaden liegend.

VI—VII: Wie in Vers. 5. Die fertige Garbe wird nicht gewendet.

In diesem Versuch sind die Frauenarbeiten bei der Ernte zusammengestellt. Das Strickemachen und Einbinden zeigt im allgemeinen einen niedrigeren Energieverbrauch, als wenn dieselben Arbeiten durch Männer geleistet werden (Versuch 2, 3, 4, 5). Das Abraffen stellt die höchste Anforderung an die weiblichen Arbeiter bei dem Schnitt, der Energieverbrauch ist fast so hoch wie beim Mähen.

Versuch 6.

Versuchsperson C. Arbeit: Gersteernten. Die Gerste steht auf einer sehr flachen Tafel, die gegen das Ende zu einen leichten Hang in eine Mulde hat, ist ziemlich stark mit Unkraut gemischt. Witterung: schöner sonniger Tag, etwas windig. Versuchsperson hat von 4³/₄ 6 gearbeitet. Ist nüchtern. Sitzt von 6 Uhr ruhig.

Beim Vergleich des Energieaufwandes beim Gersteernten mit den beim Weizen ernten gewonnenen Werten läßt sich, keine allzu große Differenz feststellen. Die Unterschiede, welche sich doch zeigen, sind vielmehr Folgen der wechselnden Nebenumstände. Das Mähen bergauf, wie in Nr. IV in Versuch 4, zeigt hier in Nr. III einen etwas niedrigeren Wert wie in Versuch 4, doch ist zu beachten, daß der Weizen liegend, die Gerste aber stehend war. In den folgenden Versuchen, wo teils auf ebener Fläche, teils bergauf gemäht wurde, findet man niedrigere Werte wie in Nr. III, doch höhere Werte wie dort, wo auf ganz flacher Fläche gemäht wurde (Nr. IX—X). Beim Einbinden findet man etwas niedrigere Werte als beim Weizen, doch ist der Unterschied nicht wesentlich.

Tabelle 7.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Temperat. °C	Atemfrequenz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Volumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min. kg/cal	Mehrerverbrauch pro Min. in kg/cal
Ruheumsatz . . .	6 St. 47—55 Min..	I.	8	24	25	78,63	9,83	276	329	0,84	1,597	—
Dengeln	8 " 0—3 " 25 Sek.	II.	3,42	24,5	24	47,21	13,80	575	646	0,86	3,152	1,555
Mähen	" 20—21 " 34 "	III.	1,57	25	28	66,79	42,54	2099	2246	0,93	11,141	9,544
"	" 23—25 " "	IV.	2	25	28	76,16	38,08	1759	1953	0,90	9,611	8,014
"	" 36—39 " "	V.	3	27,5	28	106,67	35,56	1739	2006	0,88	9,827	8,230
"	" 40—43 " "	VI.	3	28	29	118,99	39,66	1955	2181	0,90	10,732	9,135
Einbinden	10 " 20—23 " 30 "	VII.	3,5	28	24	99,17	28,33	1320	1663	0,79	7,966	6,369
"	" 25—28 " "	VIII.	3	28	25	94,44	31,48	1514	1854	0,82	8,956	7,359
Mähen	16 " 42—45 " "	IX.	3	28,8	25	95,47	31,82	1610	1881	0,86	9,177	7,580
"	" 46—48 " 47 "	X.	2,78	28,5	24	90,06	32,39	1577	1739	0,91	8,589	6,992
Einbinden	18 " 0—3 " 20 "	XI.	3,33	27	23	103,98	33,34	1651	1977	0,83	9,569	7,972
"	" 4—7 " "	XII.	3	27	25	103,98	34,66	1757	1920	0,92	9,505	7,908
Mandeln	54—58 " 45 "	XIII.	4,75	25	26	118,24	24,89	1282	1431	0,90	7,042	5,445

Tabelle 8.

Bezeichnung der Bestimmung	Zeit	Sack Nr.	Vers.-Dauer in Min.	Temperat. °C	Atemfrequenz pro Min.	Red. Volumen l	Red. Volumen pro Min. l	Prod. CO ₂ pro Min. ccm	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	R.-Q.	Umsatz pro Min. kg/cal	Mehrerverbrauch pro Min. in kg/cal
Ruheumsatz . . .	7 St. 18—27 Min.	I.	9	20	16	73,35	8,15	291	348	0,84	1,688	—
Mähen	43—44 " 47 Sek.	II.	1,78	21,5	26	58,60	39,90	1951	2462	0,79	11,792	10,104
"	" 46—48 " 15 "	III.	2,25	22	28	91,80	40,80	1922	2020	0,95	10,078	8,390
"	" 50—52 " "	IV.	2	25	29	58,60	29,30	1424	1884	0,76	8,948	7,261
"	" 55—57 " 50 "	V.	2,83	24	30	119,93	42,44	2024	2266	0,89	9,271	7,583
Abraffen	10 " 3—6 " 42 "	VI.	3,7	25	22	100,39	27,13	1280	1583	0,83	7,445	5,757
"	" 8—11 " 28 "	VII.	3,47	24	22	118,5	34,15	1731	2062	0,84	10,000	8,312
Einbinden	11 " 10—14 " 5 "	VIII.	4,08	25	25	121,9	29,89	1503	1907	0,79	9,135	7,447
"	" 15—19 " "	IX.	4	26	26	117,31	29,33	1440	1601	0,90	7,879	6,191
"	" 50—54 " "	X.	4	24	22	102,64	25,66	1275	1527	0,83	7,390	5,702

Bemerkungen zu Tab. 7 ad II: Versuchsperson hat um 7 Uhr 200 g Weißbrot, 30 g Speck, 0,5 l Kakaomilch mit Zucker gefrühstückt.

Dengeln: Versuchsperson sitzt auf dem Boden, die Sense liegt auf einem kleinen eisernen Amboß und wird mit einem $\frac{1}{2}$ kg schweren Hammer gedengelt.

III: Sensenschärfen (10 Sekunden) und Mähen aufs Schwad bergauf, etwa 15° steil.

IV: Mäht 6,5 m lang eben, geht zum Anfang der nächsten Reihe zurück, schärft die Sense und mäht 7,4 m bergauf wie Nr. III.

V—VI: Dasselbe wie in Nr. IV. Pro Minute 6,5 m gemäht.

VII—VIII: Einbinden. Versuchsperson bückt sich, erfaßt die Enden des Strickes (aus Schilf), zieht den Strick zusammen, dann fest an, dreht die Enden 3—5mal zusammen, steckt sie unter dem angezogenen Strick ein, wendet die fertige Garbe um. Versuchsperson arbeitet bis 1 Uhr weiter, hat um 1 Uhr zu Mittag gegessen (Bohnsuppe und 1 Teller Grießmehlspeise) und rastet bis 2 Uhr.

IX—X: Mähen auf der völlig ebenen Fläche. 12 Sekunden Sensenschärfen und Mähen aufs Schwad. Pro Minute 8,5 m.

XI—XII: Einbinden wie in Nr. VII.

XIII: Die Garben werden zum Aufstellen der Kreuzmandeln zusammengetragen — ohne Aufstellen des Mandels. Pro Minute 4,8 Garben und 61 Schritte.

Die Versuchsperson hat in der Zwischenzeit dieselbe Arbeit wie im Versuch bis zur nächsten Bestimmung weiter ausgeführt.

Versuch 7.

Versuchsperson F. Arbeit: Hafer-Wicke-Ernten. *Terrain*: eben, Witterung: sonniger Tag. Versuchsperson hat um $\frac{1}{2}$ 6 gefrühstückt, aber noch nicht gearbeitet.

Bemerkungen zu Tab. 8 ad II: Mähen aufs Schwad. 18 Hiebe pro Minute.

III: Sensenschärfen (10 Sekunden) und Mähen wie in Nr. II.

IV—V: Wie in Nr. III.

VI—VII: Die Wicke wird mit der Sichel zu einem Bündel zusammengezogen, im Schoß aufgenommen und auf die schon vorher niedergelegten Stricke quer daraufgelegt.

VIII—X: Einbinden und Stricke anfertigen. Es wird aus der zu einem Bündel abgerafften Wicke eine Handvoll spindelförmig etwa 30mal um die Achse gedreht, herausgezogen und dadurch ein Strick bereitet. Die Versuchsperson geht mit 3 Schritten zum nächsten Bündel, legt den Strick auf den Boden, das Bündel darauf, umbindet es mit dem Strick, zieht den Strick an, dreht die Enden 3mal zusammen und steckt sie schließlich unter dem angezogenen Strick hinein.

Versuchsperson arbeitet in der Zwischenzeit weiter.

Das Mähen von Wicke erfordert nach obigem Versuch fast den gleichen Energieaufwand pro Minute wie das Mähen von stehendem Weizen. Doch sind in ersterem Falle pro Minute viel weniger Sensenschläge ausgeführt worden. Pro Sensenschlag entfällt daher ein größerer Energieverbrauch wie in den vorigen Versuchen (Tabelle 9). Das Einbinden ist mit dem Anfertigen der Stricke einhergegangen, daher findet man, daß auch pro Garbe ein weit höherer Mehraufwand entfällt wie beim Weizen oder bei der Gerste. Pro Minute ist jedoch kein Unterschied zu vermerken.

Besprechung.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse unserer Versuche begegnen wir bedeutenden und mehreren Schwierigkeiten. Diese betreffen hauptsächlich die Ruheumsatzwerte, die aus äußeren Gründen leider nicht einheitlich bestimmt werden konnten. So finden sich darunter Werte, die nüchtern, andere, die nach Nahrungsaufnahme ermittelt worden sind. Im allgemeinen sind aber die letzteren erst 2 Stunden nach der vorhergegangenen Mahlzeit bestimmt worden, in welcher Zeit sich die spezifisch-dynamische Wirkung des hauptsächlich aus Kohlehydraten und Fett bestehenden Frühstückes schon im Abklingen befand.

Ein weit störenderes Moment besteht darin, daß die Versuchspersonen in manchen Versuchen vorher gearbeitet hatten. Dieses auszu-schalten gelang uns nicht immer, da die Leute von der Reife des Getreides gezwungen waren, die Ernte je rascher zu beenden. Wahrscheinlich ist dieser Umstand dafür verantwortlich, daß, obzwar die Versuchsperson 1 Stunde vorher ruhig gegessen hat, die Ruheumsatzwerte so hoch sind (Tabelle 1). *Benedict* und *Cathcart*¹ konnten beweisen, daß der Energieumsatz nach anstrengender Muskelarbeit in 2—4 Stunden, in einem Fall sogar in 5—6 Stunden, den Ruhewert noch nicht wieder erreicht hat. Andererseits wissen wir seit dem Versuche *Durigs*², daß der Grundumsatz nach einer anstrengenden Marscharbeit in den nächsten Tagen erhöht ist. Es scheint wahrscheinlich zu sein, daß die hohen Ruheumsatzwerte in Tabelle 1 durch die beiden Komponenten erhöht sind: teils war der Energieumsatz wegen der vorherigen Arbeit bei Bestimmung des Ruheumsatzes nach 1stündiger Ruhe noch nicht zum wahren Ruheumsatzwert herabgesunken, teils mag der Grundumsatz im ganzen während der sehr anstrengenden Erntearbeiten erhöht sein. Da wir aber in dieser Richtung hin keine Versuche angestellt haben, so können wir auch diese Frage nicht als gelöst erachten und halten die endgültige Entscheidung zukünftigen Versuchen vor.

Angesichts der oben erwähnten Einwände verzichten wir darauf, die äußerst verlockende Gelegenheit zu benutzen, um den Energieaufwand des landwirtschaftlichen Arbeiters beim Ernten *pro Tag* zu berechnen. Wir halten es für notwendig, weitere Daten darüber zu sammeln, um eine sichere Grundlage dieser Berechnung zu schaffen, um so mehr da die Erntearbeiten mit ihrer 13—16stündigen Arbeitsdauer wohl die oberste Grenze menschlicher Arbeitsleistung bei berufsmäßiger Betätigung darstellen, deren Bedeutung dann sowohl für die Physiologie wie auch für die Ökonomie nicht zu unterschätzen ist.

Andererseits dürften unsere Versuchsergebnisse in qualitativer Hinsicht, d. h. im Vergleich der einzelnen Arbeitsleistungen bei der Ernte miteinander, sowie für den Vergleich mit den verschiedenen gewerb-

¹ Muscular Work. Carnegie Inst. Publ. 1913, Nr 187.

² Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) 29.

lichen Betätigungen nichts an Interesse einbüßen. Das Verhalten des O₂-Verbrauches ist bekanntlich für den Energieumsatz allein maßgebend. Wie nun aus den Tabellen (9—11) ersichtlich, gehen die Erntearbeiten mit verschieden großem Energieverbrauch einher. Darunter steht das Mähen mit seinem pro Minute um 2000 ccm schwankenden Sauerstoffverbrauch am Höhepunkt. Dieser hohe Sauerstoffverbrauch zeigt an, daß das Mähen eine außerordentlich anstrengende Arbeit darstellt, unter den beruflichen Betätigungen vielleicht die anstrengendste. Diese an und für sich schon große Zahl gewinnt aber noch an Bedeutung, wenn man bedenkt, daß diese Leistung mit ihrer täglichen 8—10stündiger Arbeitsdauer wochenlang ausgeführt werden muß.

Tabelle 9. *Mähen.*

Vers.-Nr.	Getreide	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	Sensen- schläge pro Min.	Mehr- verbrauch pro Min. kg/cal	Mehrver- brauch pro 1 Sensen- schlag kg/cal	Die Art des Mähens
1	Klee	2172	25	8,671	0,346	Mähen aufs Schwad
		2484	25	10,182	0,406	
		1937	20	7,598	0,380	
		2063	26	7,825	0,301	
		1874	26	7,273	0,280	
2	Winterweizen (ver- unkrautet stehend)	1928	27	7,417	0,277	Anmähen
		1976	20	7,834	0,391	
3	Winterweiz. stehend, ohne Unkraut	1877	29	7,298	0,258	Anmähen
		1850	25	7,120	0,284	
		1776	25	6,824	0,273	
		1958	27	7,774	0,288	
		2096	30	8,535	0,284	
4	Winterweizen wirbel- förmig liegend	2644	27	11,230	0,415	bergauf (15°)
6	Gerste stehend, stark verunkrautet	2246	25	9,544	0,382	} Anmähen bergauf } eben
		1953	20	8,014	0,401	
		2006	23	8,230	0,358	
		2181	23	9,135	0,397	
		1881	22	7,580	0,345	
7	Wicke	1739	23	6,992	0,304	
		2462	18	10,104	0,562	
		2020	20	8,390	0,419	
		1884	17	7,261	0,427	
		2266	17	7,583	0,361	

Die fürs Mähen ermittelten Werte schwanken nach Tabelle 9 je nach Art und Beschaffenheit des Getreides, sowie des Terrains zwischen 1739 und 2644 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute. Im allgemeinen

zeigen die bei Beginn der Arbeit bestimmten Daten immer einen etwas höheren Wert. Für das Mähen von stehendem Weizen (Versuch 2 und 3) erhielten wir einen O₂-Verbrauch von 1920 ccm pro Minute im Durchschnitt, wobei die Abweichung in den Parallel- und Doppelversuchen nicht mehr als $\pm 8\%$ betrug (und das nur in 2 Fällen, die übrigen Versuche aber eine noch bessere Übereinstimmung aufweisen. Auch in den Versuchen, in welchen die Versuchsperson nach Beendigung der Versuchsperiode 2—3 Stunden auf dem Felde weitergearbeitet hat und nun eine Bestimmung des Energieumsatzes erfolgte, konnten wir keine Differenz von diesen Daten beobachten (Versuch 3). Den höchsten Wert fanden wir beim Mähen wirbelförmig liegenden Weizens, wobei allerdings auch noch bergauf gemäht wurde. Es ergab sich 2644 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute. Das Mähen von Gerste und Wicke weisen pro Minute keine wesentliche Differenz von dem Mähen des stehenden Weizens auf. Doch ist zu beachten, daß bei diesen Arbeiten in der Minute weniger Sensenschläge ausgeführt wurden, pro 1 Sensenschlag daher ein größerer Mehrverbrauch entfällt.

Das Anfertigen der Strohstricke stellt schon eine minder anstrengende Arbeit dar und wird auch deshalb in vielen Fällen von Frauen besorgt. Es beträgt kaum mehr als $\frac{1}{3}$ des Energieverbrauches beim Mähen. Im Durchschnitt fanden sich 950 ccm O₂-Verbrauch pro Minute.

Tabelle 10.. *Anfertigen der Strohstricke.*

Vers.-Nr.	Aus	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	Stücke pro Min.	Mehr- verbrauch pro Min. kg/cal	Mehr- verbrauch pro 1 Stück kg/cal	Bemerkungen
2	Weizenhalmen .	946	3,7	2,811	0,760	} Versuchsperson: Mann
		1047	3,7	3,389	0,916	
3	Weizenhalmen .	970	3,2	2,902	0,907	
		1007	3,7	3,124	0,845	
4	Weizenhalmen .	1134	3,7	4,121	1,113	
5	Weizenhalmen .	844	3,6	2,625	0,728	
		785	4,0	2,351	0,588	

Das Einbinden geht mit einem größeren Energieverbrauch einher als das Anfertigen der Strohbinden, es werden fast dieselben Werte erreicht wie beim Mähen: 1660—2000 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute. Die individuellen Schwankungen bei dieser wie auch bei voriger Arbeitsform sind naturgemäß viel größer als beim Mähen, da die Arbeit selbst nicht so schablonenmäßig ist wie beim Mähen. Dies ist besonders auffallend bei dem pro Stück oder Garbe entfallenden Mehrverbrauch, wogegen der Energieumsatz pro Minute bedeutend geringere Abwei-

chungen aufweist. Bei einer Frau fanden sich bedeutend niedrigere Werte (Versuch 5).

Tabelle 11. *Einbinden.*

Vers.-Nr.	Bezeichnung der Garben	Verbr. O ₂ pro Min. ccm	Stücke pro Min.	Mehrverbrauch in kg/cal.		Bemerkungen
				pro Min.	pro Garbe	
2	Weizen .	2001	3,0	8,002	2,660	} Wendet sie um
		2194	3,0	8,932	2,980	
4	Weizen .	1668	2,6	6,613	2,540	} Wendet sie nicht
5	Weizen .	1056	4,3	3,534	0,821	} Wendet sie nicht. Versuchsperson: Frau
		1567	4,0	6,198	1,549	
6	Gerste . .	1663	3,4	6,369	1,873	} Stricke aus Schilf; wendet die fertige Garbe um
		1854	4,0	7,359	1,840	
		1977	3,3	7,972	2,416	
		1920	3,3	7,908	2,396	
7	Wicke . .	1907	2,0	7,447	3,723	} Anfertigen des Strickes und Einbinden zusammen.
		1601	2,2	6,191	2,814	
		1527	1,5	5,702	3,801	

Beim Abraffen haben wir nur wenige Daten ermittelt, so daß wir aus diesen Werten allgemeine Grundregeln aufzustellen nicht wagen. In den Versuchen 5 und 7 fanden wir jedoch auch bei dieser Arbeit den Umsatz stark erhöht, 1700 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute. Ähnliche Werte ergaben sich für das Zusammentragen und Aufstellen der Kreuzmandeln in Versuch 3.

Zusammenfassung.

1. Der Energieumsatz wurde bei den Hauptformen der Erntearbeiten mittels der *Douglassche Sachmethode* bestimmt.
2. Das Mähen erfordert mit seinem pro Minute um 2000 ccm schwankendem O₂-Verbrauch den größten Energieverbrauch.
3. Das Anfertigen der Strohblätter geht mit einem Mehrverbrauch einher, der kaum mehr als $\frac{1}{3}$ des Energieumsatzes beim Mähen ist.
4. Beim Einbinden ergaben sich durchschnittlich 1800 ccm Sauerstoffverbrauch pro Minute, beim Abraffen 1700 ccm.