

Nr. 1124

ÜBER DIE ARBEITSLEISTUNG DER SCHULTERGELENKMUSKELN

VON

R. FICK

MIT 10 TAFELN

SONDERAUSGABE AUS DEN SITZUNGSBERICHTEN
DER PREUSSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
PHYS.-MATH. KLASSE. 1929. XXIII



BERLIN 1929
VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI WALTER DE GRUYTER U. CO.

(PREIS *R. M.* 2.—)

4.80

Vf 217668
XX 00289900

3

Biblioteka Gł. AWF w Krakowie



1800056298

41031

Nr. 1124

ÜBER DIE ARBEITSLEISTUNG DER SCHULTERGELENKMUSKELN

VON

R. FICK

MIT 10 TAFELN

SONDERAUSGABE AUS DEN SITZUNGSBERICHTEN
DER PREUSSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
PHYS.-MATH. KLASSE. 1929. XXIII

BIBLIOTHEK
des Medizinischen Institutes
für gerichtl. Medizin
und Kriminalist. in Krakau.
Sachgeb. MEDICUM WUCH. FIZ. D. 2606.
Standort:

BERLIN 1929

VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI WALTER DE GRUYTER U. CO.

(PREIS RM 2.—)

Revo pb. 432.



730

Cena rb. 4.32



Wie ich in meiner vorigen Abhandlung (s. diese Sitzungsber. 1928) bereits erwähnte, stellt vorliegende Arbeit eine Ergänzung dar zu der außerordentlich gründlichen Arbeit über die Schulterbewegungen und die Wirkung der Schultermuskeln, die SHINO unter meiner Leitung in Innsbruck ausführte. Auch die Messungen, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen, stammen noch aus meiner Innsbrucker Zeit und wurden gemeinsam mit meinem damaligen Assistenten Hrn. Dr. OTTO P. MEIER durchgeführt, dem ich auch hier nochmals für seine ausdauernde Hilfe bei den zahllosen ermüdenden Messungen danke.

Die Messungsart war die gleiche wie ich sie schon mit Hrn. ROSCHDESTWENSKI¹ bei den Hüftmuskeln und mit Hrn. SHINO² bei den Schultergelenkmuskeln angewendet habe. Sie besteht darin, daß zuerst die Bewegungen des Gelenkes bei unversehrter Haut und Muskeln mittels eines Halbkreisrahmengestelles (s. Bild 1 S. 459) genau untersucht werden. Dann werden die Hauptzugrichtungen der einzelnen Muskeln nacheinander durch Fäden ersetzt, und es wird nun die Verkürzung oder Dehnung bestimmt, die der betreffende Muskel erfährt, wenn der Arm die vorher am ganzen Präparat als ausführbar erkannten und aufgezeichneten Gelenkbewegungen in dem Gestell wiederholt.

Wie in meinen früheren Arbeiten eingehend auseinandergesetzt, zeigen sich bei den größten Erhebungen, den »Grenzerhebungen« der Glieder in den Kugelgelenken, immer gewisse zwangsmäßige Kreiselungen der Glieder um ihre Längsachse, die ich als »Grenzkreiselungen« bezeichnet habe. Wenn

¹ J. ROSCHDESTWENSKI und R. FICK, Über die Bewegungen im Hüftgelenk und die Arbeitsleistung der Hüftmuskeln. In: His' Archiv f. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1913.

² K. SHINO, Über die Bewegung im Schultergelenk und die Arbeitsleistung der Schultermuskeln. Ebenda. 1913.

man diese Kreiselungen ausschließt, kann das Glied nicht so hoch erhoben werden. Wir bestimmten nun, wie in der vorigen Abhandlung mitgeteilt ist, zuerst, wie hoch der Arm auf jedem 10. Längskreis des Gestelles mit der Zwangskreiselung gehoben werden konnte und dann, wie hoch eine »reine« Erhebung ohne Kreiselung auf dem betreffenden Längskreis ausgeführt werden kann (s. Tafel I).

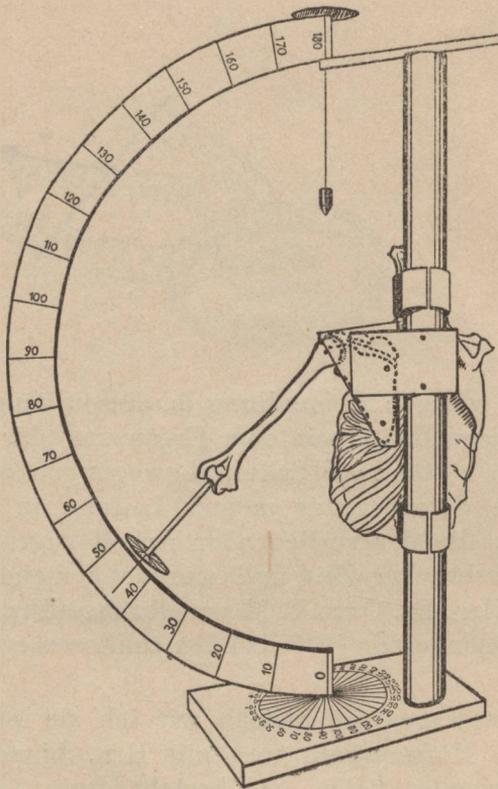


Bild 1. Präparat im Meßrahmengestell; linke Körperseite.

Auch bei der Muskeluntersuchung bestimmten wir zuerst die Verkürzung oder Dehnung der Muskeln bei der äußersten Hebung, also mit der Zwangskreiselung, dann aber auch bei der »reinen« Hebung ohne Kreiselung. Auf diese letztere Bestimmung kam es mir vor allem an, weil ihre Kenntnis mir »für den praktischen Gebrauch« doch besonders wünschenswert scheint und sie bisher noch nicht vorgenommen wurde.

Ösenbefestigung zur Verkürzungsmessung.

Zwecks Ermöglichung der Vergleichung unserer Befunde mit denen an anderen Präparaten lasse ich hier noch genaue Angaben über die Stellen, an denen wir die Ursprungs- und Ansatzöse für den Faden, der die Muskelzugrichtung wiedergibt, anbrachten, folgen.

	Faden- Ursprungsöse	Faden- Ansatzbefestigung
Biceps		
cpt. breve	Spitze des Schulterhakens	Ansatzsehne
" longum	an Ursprungssehne	an Ansatzsehne
Coracobrachialis	Spitze des Schulterhakens	Mitte der Crista medialis
Deltoides		
p. clavicularis	etwa 2.5 cm vom Schlüsselbeinende	Mitte der Tuberositas deltoidea
p. acromialis	Mitte des Acromion	
p. spinalis	mitten zwischen den beiden durch die Gräte gehenden Befestigungsschrau- ben, s. Bild 1.	
Infraspinatus		
p. superior	Rand d. Spina 2 cm v. med. Rand, unter der medialen Schraube, 2 cm lateral vom Deltoid.spinal.-Ursprung	Sehne am mittleren Feld des Tuberculum majus
p. media	Mitte des medialen Scapularandes	
p. inferior	daumenbreit über der Spitze, nahe am med. Rand	
Latissimus dorsi		
p. superior	dicht unter der Befestigungsschraube der Schulterblattspitze	6 cm unter d. Tub. minus
p. inferior	Daumenbreit unter und lateral v. d. Schulterblattspitze in 7. Rippe, Ösen- loch etwa 2 cm v. d. Rippe entfernt	1 cm unter Tub. min. in Crista tuberculi minoris
Pectoralis major		
p. clavicularis	Mitte der medialen Hälfte d. Clavi- cula	Unt. Ende d. Crista tub. maj. 2 Fingerbreit oberhalb des Deltaansatzes
p. sternocostalis	Mitte des Brustbeines	Crista tuberc. majoris (Mitte)
p. abdominalis	auf der 6. Rippe	" " " 4 cm vom Tub. maj. ent- fernt
Subscapularis		
p. superior	med. Rand 1 cm oberhalb Spinawurzel	Tuberculum minus
p. media	med. Rand 1 cm unterhalb der mitt- leren Infraspinatus-Öse	
p. inferior	med. Rand 1 cm unterhalb der unte- ren Infraspin.-Öse	
p. lateralis	mitten zwischen Teres minor und Triceps im lateral. Schulterblatt- rand	medial neben dem ob. Latis- sim.-Ansatz, medial u. noch hinter d. Crista tub. minor.
Supraspinatus	Mitte des hinteren Randes der Ober- grätengrube	Sehne
Teres major	wie oberer Latissimusteil	mitten zwischen beiden Latissim.-Ansatzösen
Teres minor	Schulterblattrand 2 Finger breit unter dem Gelenk	tief an unteren Feld des Tuberc. majus
Triceps cpt. long.	etwas unter d. Tub. infraglenoidalis	Sehne

Die Längsgrade des Kugelgradnetzes und die auf den verschiedenen Längsgraden der »Bewegungskugel« gefundenen Verkürzungs- und Dehnungswerte haben wir auf Millimeterpapier übertragen (s. Tafel II—VIII). In der Waagrechten (Abszisse) sind die Längsgrade (in die Papierebene ausgebreitet) abzulesen, in der senkrechten Richtung (Ordinaten) sind die Verkürzungen und Verlängerungen eingetragen. Die Nulllinie entspricht der Länge des

Muskels in der Grundstellung, wenn der Arm am Körper herabhängt. Nach oben von der Nulllinie sind die Verkürzungen verzeichnet, die der Muskel bei der Erhebung des Armes auf dem betreffenden Längskreis erfährt, nach unten von der Nulllinie die Verlängerung oder Dehnung, falls bei der Erhebung auf dem betreffenden Längskreis eine solche stattfindet. Auf der linken Seite der Tafeln sind die Längsgrade auf der Hinterseite der Bewegungskugel verzeichnet, in der Mitte die seitlichen und vorderen, rechts die medial liegenden Längskreise.

Aus dem Verlauf dieser Verkürzungs- bzw. Verlängerungslinien der einzelnen Muskeln können wir schon eine ganze Anzahl wichtiger Schlüsse auf die Leistungen der Muskeln ziehen:

1. sehen wir z. B. sofort, bei welchen Bewegungen auf der Bewegungskugel der betr. Muskel sich bei der Hebung des Gliedes von der Grundstellung aus verkürzt, bei welchen Hebungen er sich verlängert. Auf den »Kugelfeldern« der Millimetertafeln, wo die Muskellinie über der Nulllinie liegt, verkürzt sich eben der Muskel bei der Erhebung von der Grundstellung aus, auf den Feldern, wo die Muskellinie unter der Nulllinie läuft, dehnt sich der betr. Muskel bei der Erhebung des Armes aus der Grundstellung;

2. sehen wir aus der Linie, ob die Grundstellung eine »Mittelstellung« (wie z. B. beim Haken-Armmuskel, s. Tafel II 3) für den betr. Muskel ist; dann teilt die Nulllinie die Verkürzungslinie in zwei gleiche Hälften, eine über, eine unter ihr. Läuft die Linie fast nur über der Nulllinie, so ist in der Grundstellung der betr. Muskel nahe seiner Dehnungsgrenze (z. B. der Untergrätenmuskel [m. infraspinatus, s. Tafel IV 1—2]). Läuft die Leistungslinie aber fast ganz unter der Nulllinie, dann ist der Muskel in der Grundstellung in seiner Wirkung schon erschöpft; so ist es beim breitesten Rückenmuskel (Latissimus dorsi), s. Tafel IV 4 u. V 1;

3. zeigt uns das Ansteigen der Linie sofort das Gebiet an, auf dem der Muskel Arbeit leisten kann;

4. der Gipfel der Linie ist natürlich die Stelle der Bewegungsbahn, an der der Muskel bei der Hebung von der Grundstellung aus die höchste Arbeit leisten kann;

5. die Verbindungslinie des tiefsten und des höchsten Punktes der Linie zeigt uns an, bei Beschreibung welcher Erhebungsbahn auf der Bewegungskugel der Muskel die meiste Arbeit leisten kann;

6. wenn man die Verkürzungslinien von mehreren Muskeln oder Muskelteilen auf demselben Netz aufzeichnet, erkennt man an dem Verlauf der Linien sofort, ob die beiden Muskeln Genossen (Synergeten, Socii) sind oder aber Gegenwirker (Antagonisten); das erstere ist der Fall, solange die Linien einander gleich laufen, das letztere, sowie sie gegeneinander laufen oder sich schneiden, s. Tafel III Bild 3.

Außerdem suchten wir bei jedem Muskel unabhängig von der Untersuchung der Höchsterhebungen auch die Stellung des Armes auf, bei der der betr. Muskel überhaupt am verkürztesten, und diejenige Stellung, bei der er überhaupt am gedehntesten ist. Bei einer Reihe von Muskeln

zeigte es sich allerdings, daß diese Stellung mit einer der von uns in der vorigen Arbeit gefundenen »Grenzhebungen« zusammenfiel. Bei anderen Muskeln wurde aber z. B. die größte Verkürzung dann erreicht, wenn man den Arm in eine mittlere Hebungstellung brachte, aber sehr stark kreiselte, bei den einen z. B. pronierte, bei den anderen z. B. supinierte.

Die größten Verkürzungen bzw. Verlängerungen zeigt folgende Zahlentafel:

Größte Verkürzung und Verlängerung aus der Grundstellung.

Muskelname	Größte Verkürzung				Größte Verlängerung				Unterschied in cm
	Stellung				Stellung				
	Längs- kreis	Breite- kreis	wahre Kreise- lung	Verkür- zung in cm	Längs- kreis	Breite- kreis	wahre Kreise- lung	Deh- nung in cm	
Biceps	M +40	P +94	30° Pr.	3.5	M -100	P 42	30° Sup.	0.9	4.4
Coracobrachialis	M +70	P 91	25° Pr.	3.9	M -80	P 60	25° Sup.	3.1	7.0
	M +80	P +80	25° Pr.	3.5	M -60	P 73	25° Sup.	3.7	7.2
Deltoides	M +70	P 91	20° Pr.	5.9	M -90	P 50	—	2.4	8.3
	M -40	P 92	10° Sup.	4.4	M +90	P 59	—	2.7	7.1
	M -120	P 37	15° Sup.	2.9	M +80	P 80	—	7.6	10.5
Infraspinatus	M -40	P 24	100° Sup.	4.2	M -70	P 35	45° Pr.	1.5	5.7
	M -50	P 55	100° Sup.	4.3	M -60	P 50	55° Pr.	2.0	6.3
	M -20	P 94	100° Sup.	4.4	M +60	P 30	80° Pr.	2.0	6.4
Latissimus	M -130	P 31	15° Pr.	2.6	M +20	P 101	45° Sup.	11.0	13.6
	M 0	P 30	70° Pr.	2.0	M 0	P 95	50° Sup.	6.0	8.0
Pectoralis major	M +90	P 73	35° Pr.	7.9	M -70	P 69	60° Sup.	4.5	12.4
	M +90	P 59	60° Pr.	2.7	M -70	P 61	90° Sup.	5.9	8.6
	M 0	P 20	55° Pr.	0.6	M -20	P 98	65° Sup.	6.2	8.1
Subscapularis	M +80	P 80	25° Pr.	1.5	M -70	P 69	60° Sup.	2.6	4.1
	M +40	P 94	40° Pr.	2.0	M -30	P 89	95° Sup.	2.4	4.4
	M -90	P 51	25° Pr.	2.2	M +90	P 60	30° Sup.	2.5	4.7
	M -130	P 29	25° Pr.	1.1	M -20	P 94	100° Sup.	5.0	6.1
Supraspinatus	M -40	P 88	75° Sup.	4.7	M +180	P 20	30° Pr.	1.1	5.8
Teres major	M -130	P 28	25° Pr.	2.5	M +20	P 105	60° Sup.	8.3	10.8
Teres minor	M -130	P 20	50° Sup.	0.9	M +10	P 55	65° Pr.	2.4	3.3
Triceps cpt. longum	M -130	P 31	15° Sup.	0.6	M +40	P 103	25° Sup.	6.2	6.8

Größtverkürzungen der Schultermuskeln.

Es scheint mir für die Fragen der praktischen Medizin ganz belangreich, die Muskeln bzw. Muskelteile nach der Größe ihrer Gesamtverkürzbarkeit anzuordnen.

Man erhält dann folgende Reihe:

1. Teres minor 3.3 cm
2. Subscapularis superior 4.1 "
3. Biceps caput longum 4.4 "
4. Subscapularis medius 4.4 "
5. Subscapularis inferior 4.7 "
6. Infraspinatus superior 5.7 "
7. Supraspinatus 5.8 "
8. Subscapularis lateralis 6.1 "

9. Infraspinatus medius	6.3 cm
10. Infraspinatus inferior	6.4 "
11. Triceps caput longum	6.8 "
12. Biceps caput breve	7.0 "
13. Deltoides p. acromialis	7.1 "
14. Coracobrachialis	7.2 "
15. Latissimus pars inferior	8.0 "
16. Pectoralis major p. abdominalis	8.1 "
17. Deltoides p. clavicularis	8.3 "
18. Pectoralis p. sternocostalis	8.6 "
19. Deltoides p. spinalis	10.5 "
20. Teres major	10.8 "
21. Pectoralis p. clavicularis	12.4 "
22. Latissimus dorsi p. inferior	13.6 "

Berechnung der größten Arbeitsleistung.

Aus den in vorstehender Zahlentafel verzeichneten Verkürzungswerten läßt sich, wie aus meinen früheren Arbeiten (s. R. FICK, Handbuch II. Bd. S. 308f.) hervorgeht, leicht für jeden Muskelteil seine Größtleistung in Kilogramm-metern berechnen, wenn wir die (früher von uns bestimmten) Querschnitt-maße zu Hilfe nehmen. Wir verwendeten zur Arbeitsberechnung die seinerzeit mit SHINO bestimmten Mittelwerte der Querschnitte (s. SHINO a. a. O. S. 73).

Hat man die Verkürzungsgröße und den Querschnitt festgestellt, so braucht man für die Arbeitsberechnung nur noch die »mittlere Spannung« des Muskelquerschnitts zu kennen, die bei der größtmöglichen Verkürzung aus der gedehntesten Stellung in Frage kommt.

Da die »Spannungslinie«, die sog. »Verkürzungskurve« der freien Muskeln, die sie von größter Dehnung bis zur äußersten Verkürzung zeigen, ungefähr eine Gerade ist, so ist die »mittlere Spannung« des Muskels einfach das arithmetische Mittel aus der Dehnungsspannung, d. h. der Muskelkraft bei größter Dehnung und der Endspannung, die wir ohne allzu großen Fehler auf Null schätzen können.

Die Größe der Muskelkraft ist freilich keine feststehende Größe, sondern schwankt bei den verschiedenen Menschen je nach der Rasse, Veranlagung und Beruf, und beim selben Menschen schwankt sie vor allem je nach den verschiedenen Muskelgruppen: die Augen-, die Gesichts-, die Rumpf-, die Arm-, die Beinmuskeln scheinen durchaus nicht gleich kräftig zu sein, ja BETHE¹ fand Unterschiede bei demselben Muskel je nach der verschiedenen Stellung der Glieder. Vor allem aber kommt es auch, wie ich schon lange betonte, auf den Nervenzustand des Betreffenden an, ob der Mensch gut oder schlecht »aufgelegt« ist, wie der Laie sagt; bei Lust und Unlust, in der Begeisterung, in der Todesangst, im Wahnsinnsanfall ist die Kraft verschieden. Auch TEN HORN

¹ Siehe R. FICK, Übersicht über die Fragen der Gelenk- und Muskelmechanik. In: Ztschr. f. orthopäd. Chirurg. 51 Bd. S. 333f., 1929.

(s. SAUERBRUCH¹) hat bei Kranken, denen SAUERBRUCH ein Glied abgesetzt und die Muskeln mit Zugseilen verbunden hatte, die Muskelkraft bei derselben Person an verschiedenen Tagen verschieden groß gefunden. Meiner Überzeugung nach dürfen wir aus den bisher bekannten Untersuchungen darüber annehmen, daß die Kraft des voll erregten Muskels für je 1 cm² wechselt von 5 bis 20 kg! Die Kraft des gedehnten Muskels kann man dabei wohl auf ungefähr 20 kg für je 1 cm² Querschnitt schätzen.

Ich habe vorgeschlagen, als »Muskelkrafteinheit«, ein Name der mir zweckmäßiger als der Name »absolute Muskelkraft« scheint, die Kraft, d. h. die Spannung, zu verstehen, die ein Muskel bei mittlerer Länge, aber stärkster Erregung, für je 1 cm² Querschnitt leisten kann und dafür als Wert das arithmetische Mittel aus der Anfangsspannung bei gedehnter Länge (20 kg) und der Endspannung (0 kg), also $\frac{20 + 0}{2} = 10$ kg, anzunehmen. Selbstverständlich muß man sich dabei stets bewußt bleiben, daß die auf Grund dieser Zahlen errechneten »Arbeitswerte« natürlich nur Annäherungswerte sind. Übrigens kommt es für die meisten Fragen der praktischen Medizin gar nicht

Größtleistung der Schultermuskeln beim Übergang aus der größten Dehnung in die größte Verkürzung

Muskelname	(1) Größte Verkürzung in m	(2) Größte Verlängerung in m	Summe beider (1+2) in m	Querschnitt in cm ² × 10	Arbeitsmöglichkeit in kg/m
Biceps brachii. { ept. longum.....	0.035	0.009	0.044	× 59	= 2.596
{ ept. breve.....	0.039	0.031	0.070	× 51	= 3.570
Coracobrachialis.....	0.035	0.037	0.072	× 55	= 3.960
Deltoides..... { p. clavicularis.....	0.059	0.024	0.083	× 67	= 5.561
{ p. acromialis.....	0.044	0.027	0.071	× 220	= 15.620
{ p. spinalis.....	0.029	0.076	0.105	× 53	= 5.565
Infraspinatus.. { oberer Teil.....	0.042	0.015	0.057	× 60	= 3.420
{ mittlerer ".....	0.043	0.020	0.063	× 62	= 3.906
{ unterer ".....	0.044	0.020	0.064	× 64	= 4.096
Latissimus dorsi { oberer Teil.....	0.026	0.110	0.136	× 42	= 5.712
{ unterer ".....	0.020	0.060	0.080	× 40	= 3.200
Pectoralis major { p. clavicularis.....	0.079	0.045	0.124	× 30	= 3.720
{ p. sternocostalis....	0.027	0.059	0.086	× 94	= 8.084
{ p. abdominalis.....	0.006	0.062	0.068	× 50	= 0.340
Subscapularis.. { p. superior.....	0.015	0.026	0.041	× 50	= 2.050
{ p. media.....	0.010	0.017	0.027	× 70	= 1.890
{ p. inferior.....	0.022	0.025	0.047	× 50	= 2.350
{ p. lateralis.....	0.010	0.050	0.060	× 40	= 2.400
Supraspinatus.....	0.047	0.011	0.058	× 93	= 5.394
Teres major.....	0.025	0.083	0.108	× 105	= 11.340
Teres minor.....	0.009	0.024	0.133	× 40	= 1.560
Triceps ept. longum.....	0.006	0.062	0.068	× 150	= 10.200

¹ SAUERBRUCH und TEN HORN, Die bewegliche künstliche Hand. II. Aufl. Springer 1920.

so wesentlich auf den absoluten Wert der Arbeitsleistung des einzelnen Muskels als auf das Verhältnis der Leistungsmöglichkeit der verschiedenen Muskeln einer Gliedmaße an.

Und jedenfalls ist die anatomische Ermittlung der einzelnen Faktoren des Arbeitswertes für jeden Muskel natürlich doch die grundlegende Vorbedingung für die Beurteilung der Muskelleistung beim Lebenden.

Die vorstehende Zahlentafel (s. S. 464) enthält die so gewonnenen Größtleistungen für die einzelnen Schultermuskeln bzw. ihre Teile.

Für die Bedürfnisse der praktischen Medizin ist es belangreich, die Muskeln nach ihrer Leistungsfähigkeit zu ordnen. Unsere Untersuchung ergibt folgende Reihe:

15.620	Deltoides acromialis	3.720	Pectoralis clavicularis
11.340	Teres major	3.570	Biceps brevis
10.200	Triceps	3.420	Infraspin. ob. Teil
8.084	Pectoralis sternocostalis	3.200	Latissimus unt. Teil
5.712	Latissimus ob. Teil	2.596	Biceps longus
5.565	Deltoides spinalis	2.400	Subscapularis lateralis
5.561	„ clavicularis	2.350	„ inferior
5.394	Supraspinatus	2.050	„ superior
4.096	Infraspinatus unt. Teil	1.890	„ medius
3.960	Coracobrachialis	1.560	Teres minor
3.906	Infraspinatus mittl. Teil	0.340	Pectoralis abdominalis

Bestimmung der Arbeitsleistung von der Grundstellung („Normalstellung“) aus.

Wie ich in meiner früheren Arbeit mit Hrn. ROSCHDESTWENSKI¹ näher ausgeführt habe, kann für die Muskelleistungen, die nicht aus der Stellung heraus erfolgen, wo der Muskel am gedehntesten ist (wie bei den Berechnungen der vorigen Zahlentafeln, s. S. 464 u. 465), sondern aus der Grundstellung heraus natürlich nicht dieselbe »mittlere Spannung« der Berechnung zugrunde gelegt werden, da in der Grundstellung im allgemeinen die Spannung schon nicht mehr die größtmögliche ist wie bei der »Dehnungsstellung«.

Man darf, wie ich a. a. O. gezeigt habe², annehmen, daß die Spannung in der Grundstellung etwa im selben Verhältnis abgenommen hat wie die Länge des Muskels, d. h. daß für den Muskel das HOOKESCHE Gesetz gilt (s. S. 463).

Die »Grundspannung« ergibt sich also aus dem Verhältnis zwischen der »gedehntesten Länge« zur Länge in der Grundstellung, die wir kurz »Grundlänge« (Lg) nennen wollen. Wenn ein Muskel in der Grundstellung nur noch die Hälfte seiner gedehnten Länge (Ld) hat, so wird seine Spannung in der Grundstellung, seine »Grundspannung« (Sg) also auch nur die Hälfte seiner größten oder »Dehnungsspannung« (Sd) sein.

¹ J. ROSCHDESTWENSKI und R. FICK, Über die Bewegungen im Hüftgelenk und die Arbeitsleistung der Hüftmuskeln. His' Archiv 1913.

² Vgl. auch A. FICK, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung, Brockhaus 1882.

Man hat also:

$$\frac{\text{Grundstellungsspannung (Sg)}}{\text{Dehnungsspannung (Sd)}} = \frac{\text{Grundstellungslänge (Lg)}}{\text{Gedehnte Länge (Ld)}}$$

$$\text{oder } \frac{Sg}{Sd} = \frac{Lg}{Ld}; \quad Sg = \frac{Lg \times Sd}{Ld}$$

Den Bruch $\frac{Lg}{Ld}$ können wir wohl am besten die »Spannungsverhältniszahl« für die Grundstellung nennen. Sie ist für die verschiedenen Muskeln natürlich sehr verschieden, wie folgende Zahlentafel zeigt:

Spannungsverhältniszahl und Spannung für die Armgrundstellung.

Muskelname	(1)	(2)	Summe von (1)+(2) = gedehnte Länge	Spannungs- Verhältniszahl für die Grundstellung (S-V. g.)	Spannung in der Grund- stellung (Sg.) für je 1 cm ² Querschnitt	
	Größte Verkürzung von der Grund- stellung aus in cm	Größte Dehnung von der Grund- stellung aus in cm				in cm
Biceps brachii	ept. longum .	3.5	0.9	4.4	3.5 : 4.4 = 0.8	20 × 0.8 = 16
	ept. breve ...	3.9	3.1	7.0	3.9 : 7.0 = 0.5	20 × 0.5 = 10
Coracobrachialis		3.5	3.7	7.2	3.5 : 7.2 = 0.5*)	20 × 0.5 = 10
Deltoides	p. clavicularis	5.9	2.4	8.3	5.9 : 8.3 = 0.7	20 × 0.7 = 14
	p. acromialis .	4.4	2.7	7.1	4.4 : 7.1 = 0.6	20 × 0.6 = 12
	p. spinalis ...	2.9	7.6	10.5	2.9 : 10.5 = 0.3	20 × 0.3 = 6
Infraspinatus	p. superior ..	4.2	1.5	5.7	4.2 : 5.7 = 0.7	20 × 0.7 = 14
	p. media	4.3	2.0	6.3	4.3 : 6.3 = 0.7	20 × 0.7 = 14
	p. inferior ...	4.4	2.0	6.4	4.4 : 6.4 = 0.7	20 × 0.7 = 14
Latissimus dorsi	p. superior ..	2.6	11.0	13.6	2.6 : 13.6 = 0.2	20 × 0.2 = 4
	p. inferior ...	2.0	6.0	8.0	2.0 : 8.0 = 0.25	20 × 0.25 = 5
Pectoralis major	p. clavicularis	7.9	4.5	12.4	7.9 : 12.4 = 0.6	20 × 0.6 = 12
	p. sternocost.	2.7	5.9	8.6	2.7 : 8.6 = 0.3	20 × 0.3 = 6
	p. abdominal.	0.6	6.2	6.8	0.6 : 6.8 = 0.09	20 × 0.09 = 1.8
Subscapularis	p. superior ..	1.5	2.6	4.1	1.5 : 4.1 = 0.4	20 × 0.4 = 8
	p. media	2.0	2.4	4.4	2.0 : 4.4 = 0.4	20 × 0.4 = 8
	p. inferior ...	2.2	2.5	4.7	2.2 : 4.7 = 0.5	20 × 0.5 = 10
Supraspinatus	p. lateralis ..	1.0	5.0	6.0	1.0 : 6.0 = 0.2	20 × 0.2 = 4
		4.7	1.1	5.8	4.7 : 5.8 = 0.8	20 × 0.8 = 16
Teres major		2.5	8.3	10.8	2.5 : 10.8 = 0.2	20 × 0.2 = 4
Teres minor		1.9	2.4	4.3	1.9 : 4.3 = 0.4	20 × 0.4 = 8
Triceps ept. longum		0.6	6.2	6.8	0.6 : 6.8 = 0.09	20 × 0.09 = 1.8

*) genauer 0.486

Für den Unteren Teil des Breitesten Rückenmuskels ist nach vorstehender Tafel die »Spannungsverhältniszahl« z. B. 0.25, d. h. die Spannung in der Grundstellung ist auf $\frac{1}{4}$ seiner Spannung in der gedehntesten Stellung zu veranschlagen. Man hat also Grundstellungsspannung (Sg) = 20 × 0.25 = 5 kg für je 1 cm².

Mit Hilfe dieser »Spannungsverhältniszahl« für die Grundstellung kann man nun auch die Arbeitsleistung der Muskeln bei ihrer größten Ver-

kürzung von der Grundstellung aus sehr leicht berechnen, weil »die mittlere Spannung«, die für diese »Arbeitsstrecke« gilt, sich nach obigem äußerst einfach ergibt. Ebenso wie bei der Ganzarbeit (d. h. wenn sich der Muskel aus der größten Dehnung zur äußersten Verkürzung zusammenzieht [s. Zahlentafeln S. 464 u. 465]) die »mittlere Spannung« sich darstellt als das arithmetische Mittel aus der gedehntesten Spannung und der Endspannung, so auch hier für die »Teilarbeit« von der Grundstellung aus. Für die erstere, die Ganzarbeit, d. h. die Größtleistung, hat man: »mittlere Spannung« für je

$$1 \text{ cm}^2 = \frac{\text{Dehnungsspannung (Sd)} + \text{Endspannung (Sv)}}{2} = \frac{20 \text{ kg} + 0}{2} = 10 \text{ kg.}$$

Bei der größten Verkürzung aus der Grundstellung heraus hat man für die bei dieser »Teilarbeit« in Betracht kommende mittlere Spannung nach S. 465f. folgendes:

$$\begin{aligned} \text{mittlere Spannung für } 1 \text{ cm}^2 &= \frac{\text{Grundstellungsspannung (Sg)} + \text{Endspannung (Sv)}}{2} \\ &= \frac{20 \text{ kg (Sd)} \times \text{Spannungsverhältniszahl (S-V. g.)} + \text{Endspannung (Sv)}}{2} \end{aligned}$$

Nehmen wir als Beispiel wieder den Unteren Teil des Breitesten Rückenmuskels (m. Latissimus dorsi), so erhalten wir für seine Arbeit beim Übergang aus der Grundstellung in die verkürzteste Stellung folgende »mittlere Spannung« als arithmetisches Mittel aus der Anfangsspannung (d. h. hier der Grundstellungsspannung) und der Endstellungsspannung (d. h. hier der Spannung in der verkürztesten Lage): mittlere Spannung

$$\text{für je } 1 \text{ cm}^2 = \frac{20 \text{ kg (Sd)} \times 0.25 \text{ (S-V. g.)} + 0 \text{ (Sv)}}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ kg.}$$

Die mittlere Spannung dieses Muskels von der Grundstellung aus bis zur Endverkürzung ist also nur eine sehr geringe, weil eben die Grundstellung des Armes für den Breitesten Rückenmuskel schon nahe seiner größten Verkürzung liegt (vgl. seine Verkürzungslinie auf Tafel IV 4 u. V 1 und S. 479).

Die Arbeitsleistung dieses Muskels z. B. bei der Hebung des Armes von der Grundstellung um 30° in der Schulterblattebene und Pronation um 70° (wie wir sie als »verkürzteste Stellung« gefunden haben, s. Zahlentafel auf S. 462 M 0, P 30, Pr 70°) beträgt daher 0.020 (Verkürzung in m) \times 4.0 (Q. in cm^2) \times 2.5 (mittlere Spannung in kg) = 0.20 kg/m .

Ähnlich vollzieht sich die Berechnung der Leistung der Muskeln aus der gedehntesten Stellung bis zur Grundstellung.

Bestimmung der Arbeitsleistung aus gedehntester Stellung bis zur Grundstellung.

Wenn von der »gedehntesten Stellung« aus die Bewegung nicht bis zur »verkürztesten Stellung« geführt wird, sondern nur bis zur Grundstellung, so ist für diese »Teilarbeit« natürlich die »mittlere Spannung« ebenso wie im zuletzt besprochenen Fall auch nicht auf 10 kg zu veran-

schlagen wie bei der Arbeit des Muskels bis zu seiner größten Verkürzung, bei der die Spannung nahezu auf Null sinkt. Hier ist sie vielmehr eine höhere. Die »mittlere Spannung« ist in diesem Fall nämlich natürlich wieder »das arithmetische Mittel aus der Anfangsspannung in der gedehntesten Stellung und der Spannung in der Endstellung«, die letztere ist diesmal aber die Grundstellung. Die Spannung in der »gedehntesten Stellung« (Sd) dürfen wir, wie mehrfach erwähnt, auf rund 20 kg veranschlagen, die Spannung in der Grundstellung, oder wie wir sagen können, die »Grundstellungsspannung« (Sg) ist aber, wie bemerkt, für jeden Muskel bzw. Muskelteil aus der Zahlentafel S. 466 zu ersehen. Sie ist ja nach S. 466 = Sd × S-V.g. = Dehnungsspannung × »Spannungsverhältniszahl für die Grundstellung«. Für die Arbeitsberechnung für diesen Teil der Leistungsstrecke der Muskeln haben wir also folgendes: Verkürzungsgröße (aus gedehntester Stellung bis zur Grundstellung) in m × Querschnitt in cm² × mittlerer Spannung $\left(\frac{\text{»Dehnungsspannung«} + \text{Grundstellungsspannung}}{2} \right)$

in kg = Arbeit in kg/m. Für den Unteren Teil des Breitesten Rückenmuskels ergibt sich z. B. folgende Arbeitsberechnung:

Er verkürzt sich von seiner größten Dehnung aus bis zur Grundstellung (s. Zahlentafel auf S. 464) um 6 cm = 0.060 m, sein Querschnitt ist 4 cm², seine »mittlere Spannung« auf dem Weg von der größten Dehnung bis zur Grundstellung ist $\frac{\text{Dehnungsspannung (Sd)} + \text{Grundstellungsspannung (Sg)}}{2}$
 $= \frac{20 \text{ (Sd)} + [0.25 \text{ (S-V.g.)} \times 20 \text{ (Sd)}]}{2} = \frac{20 + 5}{2} = 12.5 \text{ kg.}$ Die Arbeits-

leistung des Muskels bei der Bewegung des Armes aus der etwas über die Waagrechte in der Schulterblattebene gehobenen und um 50° supinierten Stellung des Armes (M ± 0 P 95 Sup. 50° s. Zahlentafel S. 462) zur »Grundstellung«, ist also auf 0.060 (m) × 4.0 (cm²) × 12.5 (kg) = 3.000 kg/m zu veranschlagen.

Da der Arbeitswert des Unteren Teils des Breitesten Rückenmuskels für die Bewegung des Armes von der Grundstellung bis zur vollen Verkürzung 0.2 kg/m beträgt (s. S. 467), so erhält man als Summe der beiden Teilleistungen des Muskels 0.2 + 3.0 = 3.2 kg/m, also natürlich dieselbe Zahl, die die Berechnung der Arbeit bei größter Verkürzung des Muskels in einem Zug bei der Mittelspannung von 10 kg für je 1 cm² Querschnitt ergeben hat (s. Zahlentafel auf S. 464).

Bestimmung der Arbeitsgröße bei den größten Erhebungen ohne Grenzkreislung von der Grundstellung aus.

Für die praktische Medizin scheint es mir, wie bemerkt, besonders belangreich zu sein, die Arbeit kennenzulernen, die die Muskeln bei den »reinen« Armhebungen in den Hauptrichtungen leisten können, d. h. ohne die Bewegung so weit zu treiben, daß eine Zwangskreislung des Armes um seine Längsachse eintritt. — Da es sich bei diesen Bewegungen ebenso wie bei den oben besprochenen Teilbewegungen nicht um die Größtleistung des Muskels handelt,

bei der er sich von größter Dehnung aus bis zu größter Verkürzung zusammenzieht, wie bei den in der Tafel auf S. 462 angeführten Bewegungen und der Arbeitstafel auf S. 464, so kommt natürlich auch wieder als »mittlere Spannung« nicht einfach 10 kg für je 1 cm² Querschnitt in Betracht, sondern das arithmetische Mittel aus der Spannung in der Grundstellung und der Spannung in der betr. Endstellung (in der der Muskel aber nicht vollständig verkürzt ist). Nehmen wir zur Veranschaulichung der Berechnung als Beispiel den Haken-Arm-muskel (m. Coracobrachialis).

Die Zahlentafel IX zeigt, daß er sich von der Grundstellung aus bei der »reinen« Armhebung auf dem Längskreis M ± 0 (d. h. also in der Schulterblattebene) bis zum Breitenkreis P 92 (also bis etwas über die Waagrechte) um 0.7 cm zusammenzieht. Es gilt nun zu berechnen, wie groß bei dieser unvollständigen Zusammenziehung die »mittlere Spannung« zu veranschlagen ist. Nach der Berechnung auf S. 466 beträgt die Spannung des Haken-Arm-muskels (Coracobrachialis) in der Grundstellung rund (also Sg =) 0.5 × 20 kg = 10 kg. Die Spannung nach der reinen Erhebung auf dem Nullgrad, nennen wir sie die Restspannung (Sr), verhält sich aber zur größten Dehnungsspannung (Sd) wie der »Verkürzungsrest«, d. h. die Strecke, die dem Muskel nach der reinen Erhebung noch übrigbleibt zur ganzen Verkürzung, die er überhaupt ausführen kann; oder im Anschluß an die Darstellungsart der »Grundstellungsspannung« auf S. 465 f. können wir auch sagen: Der Spannungsrest (Sr) verhält sich zur Dehnungsspannung (Sd) wie die »Restlänge« (Lr) zur gedehntesten Länge (Ld).

Man hat also:

$$\frac{\text{Restspannung (Sr)}}{\text{Dehnungsspannung (Sd)}} = \frac{\text{Restlänge oder Verkürzungsrest (Lr)}}{\text{gedehnte Länge (Ld) oder Ganzverkürzungslänge}}$$

$$\text{oder Restspannung (Sr)} = \text{Dehnungsspannung (Sd)} \times \frac{\text{Restlänge (Lr)}}{\text{gedehnte Länge (Ld)}}$$

Letzterer Bruch ist wieder die »Spannungsverhältniszahl« (s. S. 466), diesmal aber nicht für die Grundstellung (S-V.g.), sondern für die größte reine Erhebung (S-V.r).

Nehmen wir als Beispiel den Haken-Arm-muskel (m. Coracobrachialis), so hat man für dessen »Restspannung« nach der reinen Erhebung auf dem Nullgrad (also in der Schulterblattebene) um 92° ohne Kreiselung folgendes:

$$\begin{aligned} \text{Restspannung (Sr) für je 1 cm}^2 &= 20 \text{ kg}^1 \times \frac{7.2^2 - (3.7^3 + 0.7^4)}{7.2^2} \\ &= 20 \times \frac{2.8}{7.2} = 20 \times 0.39 \text{ kg} \\ &= 7.8 \text{ kg.} \end{aligned}$$

¹⁾ Dehnungsspannung. ²⁾ 7.2 = Dehnungslänge (s. Zahlentafel S. 466).

³⁾ 3.7 = Verkürzung von der größten Dehnungs- bis zur Grundstellung (s. Zahlentafel S. 466) (s. Bild 2).

⁴⁾ 0.7 = Verkürzung von der Grundstellung bis zu der in Frage stehenden Stellung (92° Erhebung auf dem Nullgrad ohne Kreiselung) (s. Bild 2).

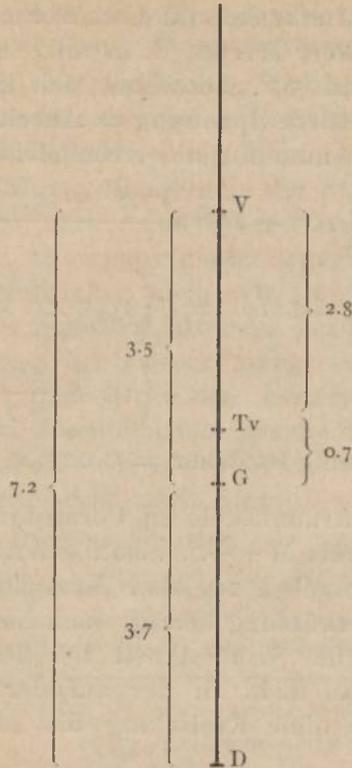


Bild 2. Längenverhältnisse des Haken-Armbeinmuskels (m. Coracobrachialis).

D Muskelende bei größter Dehnung.	DG = 3.7 cm = Lg = »Grundlänge«.
G » » der Grundstellung.	GTv = 0.7 cm = Verkürzung bei Seithebung aus der Grundstellung.
Tv » » » Teilverkürzung (bei Seithebung).	TvV = 2.8 cm = Lr = »Restlänge« = DV - (DG + GTv).
V » » » größten Verkürzung.	DV = 7.2 cm = Ld = »Dehnungslänge«.

Die »mittlere Spannung« für die in Rede stehende Teilarbeit des Haken-Armmuskels ist jetzt leicht zu berechnen, da sie natürlich wieder das arithmetische Mittel aus der Anfangs- und Endspannung ist. Bei unserer Teilarbeit ist sie daher das arithmetische Mittel aus der Grundstellungsspannung (Sg) und der »Restspannung« (Sr) (s. S. 469). Man hat also: Mittlere Spannung für

$$\begin{aligned}
 \text{je } 1 \text{ cm}^2 &= \frac{\text{Grundstellungsspannung (Sg)} + \text{Restspannung (Sr)}}{2} \\
 &= \frac{10 \text{ kg (s. S. 466)} + 7.8 \text{ kg (s. S. 469)}}{2} \\
 &= \frac{17.8}{2} = 8.9 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Für den ganzen Haken-Armmuskel, dessen Querschnitt wir im Mittel 5.5 cm² fanden, ist daher die »mittlere Spannung« während der Teilarbeit von der Grundstellung bis zur Seithebung um 92° ohne Kreiselung 5.5 × 8.9 kg = 48.95 kg. Die Arbeit bei dieser Teilleistung beträgt daher:

$$\text{Verkürzung} \times \text{mittlere Spannung} = 0.007 \text{ m} \times 48.95 \text{ kg} = 0.343 \text{ kg/m.}$$

Die Arbeit des Haken-Armmuskels (m. Coracobrachialis) bei der Vorhebung des Armes auf dem Längskreis M +90, d. h. also in einer zur Schulterblattebene senkrechten Ebene um 59°, berechnet sich in derselben Weise: Verkürzung × Querschnitt × mittlere Spannung = Arbeit (in kg/m). Alle Größen in Zahlen ausgedrückt, hat man für die Arbeitsleistung folgendes:

$$0.027^{1)} \times 5.5^{2)} \times \frac{1}{2} \left(10^{3)} + 20^{4)} \times \frac{7.2^{5)} - (3.7^{6)} + 2.7^{1)})^{7)} \right)^{8)} \text{ kg/m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Die »mittlere Spannung« ist also} &= \frac{1}{2} \left(10 + 20 \times \frac{0.8}{7.2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(10 + \frac{16}{7.2} \right) = \frac{10 + 2.2}{2} = 6.1. \end{aligned}$$

Die Arbeit bei der Vorhebung ist daher = $0.027 \times 5.5 \times 6.1 = 0.906 \text{ kg/m.}$

Die Arbeit des Haken-Armmuskels (m. Coracobrachialis) bei der Erhebung des Armes auf dem Längskreis M +180, also die Anziehung in der Schulterblattebene bis zum Breitekreis P 20 ohne Kreiselung, ist dieselbe wie auf dem Nullkreis, denn die Verkürzung beträgt auch hier nur 0.7 cm; die Arbeit ist daher auch = 0.34 kg/m. Seine Arbeit bei der Erhebung nach hinten auf dem Längskreis M -90, d. h. in der auf der Schulterblattebene senkrechtstehenden Ebene, die ohne Kreiselung bis zum Breitekreis P 50 geht, berechnet sich wie folgt:

Verkürzung × Querschnitt × Mittlere Spannung

$$0.022 \text{ m}^{9)} \times 5.5^{10)} \text{ cm}^2 \times \frac{1}{2} \left(10^{11)} + 20^{12)} \times \frac{7.2^{13)} - (3.7^{14)} + 2.2^{9)})}{7.2} \right) = \text{Arbeit in kg/m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Die mittlere Spannung ist also} &= \frac{1}{2} \left(10 + 20 \times \frac{0.13}{7.2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(10 + \frac{2.6}{7.2} \right) = \frac{10 + 3.6}{2} = 6.8 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Die Arbeit bei der Anziehung ist daher = $0.022 \times 5.5 \times 6.8 = 0.823 \text{ kg/m.}$

¹⁾ Verkürzung bei der Vorhebung von der Grundstellung aus s. Tafel IX.

²⁾ Querschnitt s. Zahlentafel S. 464.

³⁾ Grundstellungsspannung für je 1 cm² Querschnitt s. Zahlentafel S. 466.

⁴⁾ Dehnungsspannung s. Text S. 464.

⁵⁾ Dehnungslänge s. Zahlentafel S. 464.

⁶⁾ Verkürzung von der größten Dehnung bis zur Grundstellung s. Zahlentafel auf S. 464.

⁷⁾ Teilverkürzung bei der Vorhebung.

⁸⁾ Summe aus Grundspannung + Restspannung bei der betr. Erhebung; die Hälfte dieser Summe = Mittlere Spannung bei der in Rede stehenden Bewegung.

⁹⁾ Verkürzung bei der Rückhebung von der Grundstellung aus s. Tafel X.

¹⁰⁾ Querschnitt s. Zahlentafel S. 464.

¹¹⁾ Grundstellungsspannung für je 1 cm² s. Zahlentafel S. 466.

¹²⁾ Dehnungsspannung s. Text S. 464.

¹³⁾ Dehnungslänge s. Zahlentafel S. 464.

¹⁴⁾ Verkürzung von der größten Dehnung bis zur Grundstellung s. Zahlentafel auf S. 464.

Bestimmung der Arbeitsgröße bei den „reinen“ Hebungen in den sog. „Hauptrichtungen“.

Für den Gebrauch in der praktischen Medizin sind wohl am allerbelangreichsten die Arbeitszahlen für die sog. »Hauptbewegungen« bei gewöhnlicher Haltung, das ist die Armerhebung nicht in der Schulterblattebene und der auf ihr senkrechten Ebene, sondern in der Stirnebene (»Frontalebene«) gerade nach der Seite oder brustwärts und in der Scheitelebene (»Sagittalebene«) gerade nach vorn oder gerade nach rückwärts.

Diese Bewegungen vollziehen sich, wie im ersten Teil der Arbeit auseinandergesetzt ist, da die Schulterblattebene bei gewöhnlicher Haltung nicht genau stirnrecht (»frontal«) im Körper steht, sondern um 30° nach vorn gedreht (s. I. Teil Bild 2 und 3) in den Ebenen der Längskreise $M - 30^\circ$ (= Stirnebene), $M + 60$ (= Scheitelebene) gerade nach vorn (reine Einwärtsbewegung war wegen des Anstoßens des Armes an die Brust unmöglich) und auf $M - 120$ (gerade scheidelrecht nach hinten).

Das Präparat ergab folgende Werte:

Arbeitsleistung bei größter „reiner“ Seithebung (ohne Kreiselung) auf dem Längskreis $M - 30^\circ$ (bis zum Breitenkreis $P 88^\circ$) aus der Grundstellung (nach der Arbeitsgröße geordnet).

Muskelname	Verkürzung aus der Grund- stellung in m		Mittlere Spannung = für 1 cm ² in kg	Arbeits- leistung in kg/m
	× Querschnitt in cm ²	×		
Deltoides acromialis	+0.040	22.0	6.2	+5.456
Supraspinatus	+0.022	9.3	12.3	+2.516
Deltoides clavicularis	+0.040	6.7	9.3	+2.492
Infraspinatus p. medialis	+0.013	6.2	11.7	+0.948
» p. inferior	+0.002	6.4	13.5	+0.173
» p. superior	+0.028	0.6	9.45	+0.159
Biceps caput longum	+0.001	5.9	10.7	+0.092
Subscapularis inferior	+0.001	5.0	9.4	+0.047
Summe der Arbeitsleistung der »Seitheber« = +11.883				
Pectoralis abdominalis	-0.045	0.5	7.9	-0.177
Subscapularis medius	-0.006	7.0	9.9	-0.416
» superior	-0.012	5.0	10.6	-0.636
Biceps cpt. breve	-0.012	5.1	12.3	-0.753
Coracobrachialis	-0.011	5.5	14.4	-0.792
Subscapularis lateralis	-0.027	4.0	8.2	-0.886
Teres minor	-0.021	4.0	12.1	-1.016
Deltoides spinalis	-0.024	6.7	8.05	-1.024
Pectoralis clavicularis	-0.024	3.0	14.3	-1.029
Latissimus inferior	-0.034	4.0	8.7	-1.183
Triceps cpt. longum	-0.046	9.4	8.7	-3.762
Latissimus superior	-0.090	4.2	10.5	-3.969
Pectoralis sternocostalis	-0.042	9.4	11.0	-4.343
Teres major	-0.068	10.5	10.6	-7.568
Summe der (negativen) Arbeitsleistung der »Anzieher« bei der Seithebung = -27.555				



Arbeitsleistung bei größter „reiner“ Vorhebung (ohne Kreiselung) bis zum Breitenkreis P 92° (auf dem Längskreis M +60°) aus der Grundstellung.

Muskelname	Verkürzung aus der Grundstellung in m	× Querschnitt in cm ²	Mittlere Spannung für 1 cm ² in kg	Arbeitsleistung in kg/m
Deltoides clavicularis.....	+0.051	6.7	7.95	+2.719
Biceps cpt. longum	+0.024	5.9	10.5	+1.924
Supraspinatus	+0.014	9.3	13.7	+1.784
Pectoralis clavicularis	+0.055	3.0	7.9	+1.303
Infraspinatus inferior	+0.017	6.4	11.2	+1.218
» medius.....	+0.015	6.2	11.45	+1.065
Biceps cpt. breve.....	+0.034	5.1	5.8	+1.006
Coracobrachialis.....	+0.033	5.5	5.27	+0.956
Subscapularis superior	+0.011	5.0	4.97	+0.273
» medius.....	+0.002	7.0	6.9	+0.097
Infraspinatus superior.....	+0.005	0.6	12.7	+0.038
Summe der Arbeitsleistung der »Vorheber« ...				+12.383
Pectoralis abdominalis	-0.036	0.5	6.5	-0.117
Subscapularis inferior	-0.003	5.0	10.3	-0.154
Pectoralis sternocostalis ...	-0.009	9.4	7.2	-0.609
Teres minor.....	-0.017	4.0	10.9	-0.741
Subscapularis lateralis	-0.026	4.0	8.0	-0.912
Latissimus inferior.....	-0.036	4.0	9.0	-1.296
Deltoides acromialis	-0.006	22.0	13.05	-1.723
» spinalis	-0.063	5.3	11.7	-3.907
Latissimus superior	-0.092	4.2	10.7	-4.134
Triceps cpt. longum	-0.050	9.4	9.2	-4.324
Teres major	-0.066	10.5	10.5	-7.276
Summe der (negativen) Arbeitsleistung der »Rückheber« bei der Vorhebung				-25.193

Arbeitsleistung bei größter „reiner“ Rückhebung (ohne Kreiselung) bis zum Breitenkreis P 30° (auf dem Längskreis M -120°) aus der Grundstellung.

Muskelname	Verkürzung aus der Grundstellung in m	× Querschnitt in cm ²	Mittlere Spannung für 1 cm ² in kg	Arbeitsleistung in kg/m
Deltoides acromialis	+0.008	22.0	11.0	+1.936
Teres major	+0.018	10.5	2.7	+0.510
Deltoides spinalis	+0.022	5.3	3.67	+0.428
Infraspin. inferior	+0.005	6.4	13.1	+0.419
Subscapul. inferior.....	+0.007	5.0	8.2	+0.287
Latissimus superior	+0.019	4.2	2.51	+0.200
Subscapul. medius.....	+0.002	7.0	6.9	+0.097
Latissimus inferior.....	+0.006	4.0	3.7	+0.088
Teres minor	+0.003	4.0	4.8	+0.058
Subscapul. lateralis	+0.005	4.0	2.83	+0.059
Triceps cpt. longum	+0.005	9.4	1.1	+0.049
Summe der Arbeitsleistung der »Rückheber« von der Grundstellung aus =				+4.131

**Arbeitsleistung bei größter „reiner“ Rückhebung (ohne Kreis-
selung) bis zum Breitenkreis P 30° (auf dem Längskreis M—120°)
aus der Grundstellung.**

Muskelname	Verkürzung aus der Grund- stellung		Mittlere Spannung = für 1 cm ² in kg	Arbeits- leistung in kg/m
	in m	× Querschnitt in cm ²		
Pectoralis abdominalis	-0.004	0.5	1.58	-0.003
Infraspinatus superior	-0.004	0.6	15.05	-0.036
Subscapularis superior	-0.002	5.0	5.7	-0.057
Infraspin. medius	-0.001	6.2	14.0	-0.087
Biceps cpt. longum	-0.003	5.9	15.25	-0.237
Supraspinatus	-0.002	9.3	16.4	-0.305
Coracobrachialis	-0.009	5.5	11.1	-0.549
Biceps cpt. breve	-0.010	5.1	12.0	-0.612
Pectoralis clavicularis	-0.017	3.0	14.8	-0.683
* sternocostalis	-0.013	9.4	7.65	-0.935
Deltoides clavicularis	-0.013	6.7	15.7	-1.367

Summe der negativen Arbeitsleistung der »Vor-
heber« von der Grundstellung aus bei der
Rückhebung von der Grundstellung aus = -4.871

Selbständige Kreiselbewegungen.

Wir untersuchten auch die Wirkung der Muskeln auf die Kreiselung, und zwar nicht nur in der Grundstellung, sondern auch in einigen anderen Stellungen, nämlich bei Erhebung des Armes um 30° nach hinten (also in der Stellung M -120 P 30), ferner bei Erhebung um 30° und um 60° in der auf der Schulterblattebene senkrechten Ebene nach hinten (M -90). Dann in der auch schräg seitwärts rückwärts stehenden Ebene des Längskreises M -60 bei Erhebung um 30° und um 60°. In der gerade seitlich (in der Stirnebene) verlaufenden Ebene M -30 maßen wir die Verkürzung der Muskeln bei den Kreiselungen in drei Erhebungsgraden, nämlich bei 30°, 60° und 90° Erhebung. In der Nullebene geschah die Messung bei 0°, 30°, 60° und 90° Erhebung, in der Ebene M +30°, also schräg vor-lateralwärts bei 30°, 60° und 90°. Ebenso verfahren wir bei der Messung der Kreiselungsverkürzungen in der gerade nach vorn gerichteten Bewegungsebene (M +60). In der auf der Schulterblattebene nach vorn senkrecht stehenden Ebene M +90 maßen wir die Verkürzungen bei den Kreiselbewegungen des um 30° und um 60° erhobenen Armes. Die Tafel X zeigt die Messungsergebnisse, und zwar immer bei größter Kreiselung von der »Neutralstellung« (s. vorige Arbeit S. 62) aus.

Für die Kreiselung aus der Grundstellung heraus habe ich auch die Arbeitsleistung berechnet. Die Berechnung erfolgt in derselben Weise wie für die Hebungen, indem man zuerst die »Restspannung«, die dem Muskel nach der betr. Kreiselung in der Grundstellung noch verbleibt, berechnet, nach

$$\text{der Formel: } \frac{\text{Restspannung}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Restlänge}}{\text{Dehnungslänge}}$$

$$\text{oder Restspannung} = \text{Dehnungsspannung} \times \frac{\text{Restlänge}}{\text{Dehnungslänge}}$$

Aus der Restspannung erhält man die Mittlere Spannung nach der Formel:

$$\text{Mittlere Spannung} = \frac{\text{Anfangsspannung} + \text{Restspannung}}{2}$$

Die nächsten Zahlentafeln ergeben die gefundenen Werte der Größe nach geordnet.

Arbeitsleistung bei der größten Pronation aus der Grundstellung (Kreiselungsachse bleibt in der Polachse der „Bewegungskugel“).

Muskelname	Verkürzung aus der Grund- stellung in m	× Mittlere Spannung für 1 cm ² in kg	× Querschnitt in cm ²	= Arbeits- leistung in kg/m
Biceps longus	+0.011	13.4	5.9	+0.956
Deltoides clavicularis	+0.008	13.1	6.7	+0.702
Subscapularis medius	+0.020	4.0	7.0	+0.560
Pectoralis sternocostalis	+0.012	4.7	9.4	+0.530
Subscapularis inferior	+0.017	5.1	5.0	+0.518
Teres major	+0.008	3.6	10.5	+0.302
Subscapularis superior	+0.015	4.0	5.0	+0.300
Supraspinatus	+0.002	15.8	9.3	+0.294
Pectoralis maj. clavicularis	+0.005	12.0	3.0	+0.180
Latissimus inferior	+0.008	4.0	4.0	+0.128
Subscapularis lateralis	+0.007	2.5	4.0	+0.070
Latissimus superior	+0.003	3.7	4.2	+0.046
Pectoralis abdominalis	+0.006	0.9	0.5	+0.003
Summe der Arbeitsleistung der Pronatoren bei Pro- nation von der Grundstellung aus = +4.589				
Infraspinatus superior	-0.010	16.1	0.6	-0.097
Biceps brevis	-0.002	10.8	5.1	-0.110
Triceps longus	-0.005	2.5	15.0	-0.187
Teres minor	-0.011	6.4	4.0	-0.282
Coracobrachialis	-0.005	10.7	5.5	-0.294
Deltoides spinalis	-0.008	6.5	6.0	-0.312
Infraspinatus medius	-0.009	15.4	6.2	-0.855
» inferior	-0.010	15.4	6.4	-0.986
Deltoides acromialis	-0.006	13.0	22.0	-1.716
Summe der negativen Arbeitsleistung der Supina- toren bei der Pronation von der Grundstellung aus = -4.839				

Arbeitsleistung bei der größten Supination aus der Grundstellung.

Muskelname	Verkürzung aus der Grund- stellung in m	× Mittlere Spannung für 1 cm ² in kg	× Querschnitt in cm ²	= Arbeits- leistung in kg/m
Supraspinatus	+0.018	13.0	9.3	+2.176
Infraspinatus inferior	+0.028	9.5	6.4	+1.763
» medius	+0.029	9.2	6.2	+1.653
Deltoides spinalis	+0.010	7.7	6.0	+0.462
Teres major	+0.008	3.6	10.5	+0.302
Deltoides clavicularis	+0.003	13.7	6.7	+0.284
Deltoides acromialis	+0.001	12.0	22.0	+0.264
Coracobrachialis	+0.005	9.2	5.5	+0.253
Teres minor	+0.019	4.0	4.0	+0.176
Infraspinatus superior	+0.030	9.1	0.6	+0.164
Summe der Arbeitsleistung der Supinatoren bei der Supination aus der Grundstellung = +7.497				

Arbeitsleistung bei der größten Supination aus der Grundstellung.

Muskelname	Verkürzung aus der Grund- stellung in m	× Mittlere Spannung für 1 cm ² in kg	× Querschnitt in cm ²	= Arbeits- leistung in kg/m
Triceps longus.....	±0.000	2.0	15.0	±0.000
Pectoralis abdominalis....	-0.008	2.2	0.5	-0.008
Biceps brevis.....	-0.001	10.4	5.1	-0.053
Latissimus superior.....	-0.005	4.3	4.2	-0.090
" inferior.....	-0.007	5.9	4.0	-0.165
Biceps longus.....	-0.002	16.4	5.9	-0.193
Subscapularis lateralis....	-0.012	5.9	4.0	-0.283
Pectoralis maj. clavicularis.	-0.010	13.2	3.0	-0.396
Subscapularis inferior....	-0.017	13.3	5.0	-1.130
Pectoralis sternocostalis...	-0.019	10.6	9.4	-1.482
Subscapularis superior....	-0.026	12.0	5.0	-1.560
" medius.....	-0.024	14.0	7.0	-2.352
Summe der negativen Arbeitsleistung der Pronatoren bei der Supination von der Grundstellung aus.....				= -7.712

Übersicht über die Hauptleistungen der einzelnen Muskeln.

Zum Schluß führe ich kurz die Hauptmerkmale der Leistung der einzelnen Muskeln an.

Zweiköpfer, langer Kopf (m. biceps brachii, caput long.). Die Verkürzungslinie für seine Tätigkeit bei den Hebungen im Schultergelenk auf Tafel II 2 läßt erkennen, daß die Grundstellung des Armes für diesen Muskel fast eine Grenzstellung ist, da er in ihr fast am gedehntesten ist, wie der Umstand erkennen läßt, daß die Verkürzungslinie fast ganz über der Nulllinie liegt. Nur vom Längskreis M -40 bzw. -70 ab kann der Muskel bei der also nach hinten erfolgenden Erhebung noch etwas, aber kaum mehr als $\frac{1}{2}$ cm, gedehnt werden. Der lange Kopf des Zweiköpfers ist also ein ausgesprochener Vorheber und Seitheber. Aus obenstehenden Zahlen und Tafel X ergibt sich, daß er aber auch ein deutlicher Pronator des Schultergelenkes ist, außer bei hinterer Seithebung, wo er auch zum Supinator wird (s. Tafel X). Ähnliches fand sich auch an dem mit SIMSO untersuchten Präparat beim Übergang von größter Supination in größte Pronation. Wir untersuchten die größte Kreiselung (s. oben) von der Neutralstellung aus. Da zeigte es sich, daß der lange Kopf auf dem Längengrad M -60 (P 30 und 60) und M -30 (P 30) sowohl pronieren als supinieren kann, d. h. also in der Neutralstellung vergleichsweise gedehnter ist als in der pronierten und in der supinierten Stellung bei diesen Erhebungen. Die größte Arbeitsleistung am Schultergelenk berechneten wir auf 2.596 kg/m. Sie erfolgt, wenn der Arm von hinten oben aus 30° Supination über die Waagrechte nach vorn in 30° Pronation gebracht wird.

Der kurze Kopf des Zweiköpfers (m. biceps brachii caput breve) zeigt eine ganz andere Verkürzungslinie (s. Tafel II 1). Für ihn ist die Grundstellung fast eine Mittelstellung, die Nulllinie schneidet seine Verkürzungsbahn fast in der Mitte. Seine größte Verkürzung erfährt er bei der Vorhebung auf dem Längskreis M +70 (also um 10° nach medialwärts von der geraden, scheidel-

rechten Vorhebung) um 91° und 25° Pronation. Der stärksten Dehnung unterliegt er, wenn der Arm auf dem Längengrad -80 (also schräg nach hinten seitlich, fast senkrecht zur Schulterblattebene) um 60° gehoben und um 25° supiniert wird. Seine größte Leistungsfähigkeit beim Übergang aus letzterer in erstere Stellung berechneten wir auf 3.57 kg/m .

Bezüglich der Kreiselung verhielt sich der Muskel bei unserem Präparat auffällig, insofern er fast in allen untersuchten Erhebungslagen von der Neutralstellung aus sowohl durch Pronation als auch durch Supination gedehnt wurde. Er führte demnach den Arm in diesen Lagen aus pronierten oder supinierten Stellungen in die »Neutralstellung« (s. vorige Abhandlung S. 62).

Der Haken-Armmuskel (m. Coracobrachialis) hat eine ähnliche Verkürzungslinie wie der kurze Kopf des Zweiköpfers. Die Grundstellung des Armes ist für ihn fast die Mittelstellung, denn die Nulllinie schneidet die Verkürzungslinie fast in der Mitte. Auf dem vorderen Teil der Bewegungskugel verkürzt er sich bei der Hebung des Armes aus der Grundstellung, auf der Hinterseite der Kugel wird er bei Erhebung des Armes aus der Grundstellung nach hinten gedehnt. Verkürzung und Dehnung betragen ungefähr 3 cm . Das Verhalten bei der Kreiselung fanden wir diesmal anders wie am Präparat SHINOS und A. E. FICK-E. WEBERS, die fast gar keinen Einfluß des Muskels auf die Kreiselung feststellen konnten. Unser jetziges Präparat zeigte Verhältnisse, wie sie WINSLOW und BICHAT fanden, nämlich deutliche supinatorische Wirkung, wenigstens aus pronierter Stellung heraus, wie die Messungszahlen der Tafel X ergeben. Wir sehen daraus z. B., daß der Muskel, wenn der Arm auf dem Längskreis $M - 60$, also nach hinten seitlich um 30° , erhoben ist, bei Pronation um 12 mm gedehnt wird und sich bei Supination um 3 mm verkürzt. Aus pronierter Stellung kann er also den Arm zur vollen Supination führen und sich dabei um 15 mm verkürzen, also beträchtliche Arbeit leisten; ähnlich auch von anderen Ausgangsstellungen aus. Seine größte Arbeitsleistung berechneten wir auf 3.96 kg/m bei Bewegung des um 25° supinierten Armes von hinten hoch lateral nach vorn medialwärts und 25° Pronation (s. S. 464).

Dreiecksmuskel (m. Deltoides).

Schon der alte WINSLOW erkannte, daß der Dreiecksmuskel keine einheitliche Wirkung habe. A. E. FICK und E. WEBER (1877) bestimmten dann genauer die verschiedene Bedeutung der drei Hauptteile, die sich in der Wirkung zum Teil widersprechen.

1. Der Hauptteil, der weit weniger Schwankungen in seiner Stärke unterworfen ist als der vordere und hintere, ist der »mittlere«, wenn man den anatomisch einheitlichen Muskel betrachtet, oder der »seitliche« wenn man von der Lage im Körper ausgeht, oder der Schultereckteil (pars acromialis), wenn man seinen Ursprung ins Auge faßt. Er hat nach unserem Mittel einen Querschnitt von nicht weniger als 22 cm^2 , was sich durch seine starke Fiederung erklärt. Er ist hauptsächlich ein Seitheber und Vorheber bis zum Längskreis $M + 50$. Seine größte Verkürzungsgröße (4.4 cm)

lag bei unserem Präparat bei der Erhebung auf dem Längskreis M -40, also etwas nach hinten von der genauen (stirnrechten) Seithebung um 92° bei 10° Supination aus starker Rückhebung.

Auf die Kreiselung wirkt er nur wenig. Unser neues Präparat zeigt ähnliche Verhältnisse wie das von A. E. FICK und E. WEBER, nämlich Vorwiegen der supinierenden Wirkung; nur bei waagerechter Erhebung nach vorn (auf M +30, M +60 und M +90) verkürzte er sich bei der Pronation, sonst fast überall nur von pronierter Stellung aus bis zur »Neutralstellung«. Pronatorische Wirkung bei vorwärts gehobenen Stellungen hat auch SHINO bereits beobachtet und die Verschiebung der Muskelzugrichtung gegenüber der Armlängsachse bei der Vorhebung durch eine schematische Zeichnung klargemacht. Seine Arbeitsfähigkeit ist die größte von allen Schultermuskeln; sie beträgt 15.62 kg/m.

2. Der Schlüsselbeinteil (p. clavicularis) ist vor allem Vorheber. Bei unserem Präparat zeigte er die größte Verkürzung bei des Armes Vorhebung ohne Kreiselung auf dem Längskreis M +50, also fast gerade nach vorn. Schon A. E. FICK, E. WEBER und SHINO wiesen nach, daß er bei der Seithebung zunächst gedehnt wird, daß er aber, wenn der Arm durch andere Kräfte etwa 60° seitwärts gehoben wird, sich bei weiterer Erhebung deutlich verkürzt. SHINO hat durch eine anschauliche Zeichnung es klar gestellt, wie seine Zugrichtung bei der Armhebung über die Ab- und Anziehungsachse verschoben wird, so daß der Muskel aus einem »Anzieher« zu einem »Abzieher« wird. SHINO hat ferner an unserem Innsbrucker Material beobachtet, daß der Umfang des Schlüsselbeinteils des Deltamuskels sich manchmal so wenig weit medialwärts ausbreitet, daß die mittlere Zugrichtung des Muskels schon in der Grundstellung lateral von der Ab- und Anziehungsachse vorbeiläuft, so daß der Muskel also auch schon in der Grundstellung abziehend wirkt. Auch beim Berliner Material habe ich solche Fälle beobachtet.

Auf die Kreiselung wirkt der Muskel im wesentlichen pronatorisch. Nur in ganz wenigen Stellungen (s. Tafel X) fand ich eine ganz geringe Dehnung von 1 bis 2 mm bei der Pronation. In der Grundstellung wirkt er sowohl pronatorisch (8 mm Verkürzung) als supinatorisch (3 mm Verkürzung); bei ihr ist er also in der Neutralstellung vergleichsweise gedehnt.

3. Der Grätenteil (p. spinalis) ist Rückheber und wohl meist in den gesenkten Stellungen des Armes Anzieher, in rückwärts gehobenen Stellungen aber Abzieher und aus fast allen Stellungen Supinator. In ganz wenigen Stellungen fand ich pronatorische Wirkung, wie die Tafel X zeigt. Bei waagerechter Erhebung im Nullkreis und bei Erhebung von 60° im Längskreis M +30 wird er sowohl bei Pronation als bei Supination gedehnt, d. h. er ist in der Neutralstellung vergleichsweise verkürzt.

Der Schlüsselbein- und der Grätenteil haben nach unserem letzten Präparat fast genau dieselbe größte Arbeitsleistung, nämlich der erstere 5.561, der letztere 5.565 kg/m; bei SHINOs Präparat war die Leistung des Schlüsselbeinteils auch über 5 kg/m, die des Grätenteils aber nur etwa 3½ kg/m. Der Schlüsselbeinteil vollführt seine Größtleistung, wenn der Arm gerade senkrecht zur Schulterblattebene um 50° nach hinten erhoben ist und von

dieser Stellung aus waagrecht nach vorn erhoben und dabei um 20° proniert wird. Der Grätenteil arbeitet am meisten von starker Vorhebung zur Rückhebung gerade nach hinten und 15° Supination.

Untergrätenmuskel (m. Infraspinatus).

Schon A. E. FICK und E. WEBER betonten, daß die verschiedenen Teile des Muskels verschieden wirken. Der untere wirkt bei gesenkten Lagen des Armes anziehend, bei gehobenen aber abhebend, weil seine Zugrichtung in der Grundstellung unterhalb der Ab- bzw. Anziehungsachse verläuft, bei abgehobener Stellung aber sich als über die Achse verschoben erweist. Alle Teile wirken vorhebend und supinierend. Nur bei waagrechter Hebung auf dem Längskreis M +30 (also schräg vorwärts) fand ich unerwarteterweise, daß der obere Teil des Muskels sich bei der Pronation etwas verkürzte, bei der Supination dehnte. Bei letzterer Bewegung ging der Ansatz etwas nach unten, wodurch der Muskel gedehnt wurde. Die (punktierten) Verkürzungslinien (s. Linientafel IV) für die Grenzbewegungen, bei denen der Arm auf den seitlichen und hinteren Teilen der Kugel zwangsmässig zugleich stark supiniert ist, zeigen natürlich eine viel stärkere Verkürzung als die (ausgezogenen) Verkürzungslinien für die »reinen« Hebungen ohne Kreiselung. Die Verkürzungslinien für die Grenzbewegung mit der Zwangskreiselung lassen natürlich auch die starke Einsenkung bei der Grenzerhebung auf dem Längsgrad M -40 erkennen, bei der, wie in der vorigen Abhandlung besprochen wurde, die Zwangssupination auffällig gering ist gegenüber der Grenzbewegung auf den benachbarten Längskreisen. Die Größtleistung (3.42 kg/m) zeigt der obere Teil, wenn der Arm aus 45° Pronation und 35° Erhebung auf dem hinteren Längskreis M -70 in 100° Supination zum Breitenkreis 24 auf dem Längskreis M -40 gesenkt wird. Der mittlere vollbringt sie (3.906 kg/m), wenn der Arm aus 45° Pronation und 50° Erhebung auf dem Längskreis M -60 in 100° Supination zu 55° auf dem Längskreis M -50 erhoben wird. Der untere Teil leistet die größte Arbeit (4.096 kg/m) aus 80° Pronation und 30° Erhebung auf dem gerade vornliegenden Längskreis M +60 in 100° Supination und über waagrechte Seithebung auf dem Längskreis M -20, also fast gerade nach der Seite. Er hat demnach die größte Leistung aller Teile des Untergrätenmuskels aufzuweisen, da er sowohl den größten Querschnitt als auch die größte Verkürzung zeigt.

Breitester Rückenmuskel (m. latissimus dorsi).

Die Verkürzungslinien der beiden Teile des Muskels lassen erkennen, daß er in der Grundstellung fast am verkürztesten ist; nur bei der Hebung auf den hinteren Längskreisen von M -100 bis M -130 kann wenigstens der obere Teil beträchtlichere Arbeit leisten. Bei der Erhebung auf allen anderen Längskreisen wird der Muskel aber gedehnt, am meisten bei der Erhebung gerade oder fast gerade nach der Seite. Der Muskel ist eben ein ausgesprochener Anzieher und ein Rückheber sowie ein starker Pronator aus supinierten Stellungen. Die Arbeitsleistung des oberen Teiles des Muskels

ist durch die starke Verkürzung bzw. Dehnung trotz des vergleichsweise geringen, nur 4.2 cm^2 betragenden Querschnittes eine sehr beträchtliche; sie beträgt 5.712 kg/m , wenn der Arm aus 45° Supination und Erhebung um 101° schräg vorwärts-seitwärts auf dem Längskreis $M+20$ in 20° Pronation auf dem hinten befindlichen Längskreis $M-130$ auf 31° gesenkt wird. Der untere Teil leistet die Größtarbeit von 3.2 kg/m , wenn der Arm in der Schulterblattebene ($M \pm 0$) aus 95° Erhebung und 50° Supination auf 30° gesenkt und um 70° proniert wird.

Großer Brustmuskel (m. Pectoralis major).

Alle drei Teile sind Anzieher des Armes. Auch bei waagrechter Bewegung des Armes auf den Breitekreisen, z. B. auf dem Äquator der Bewegungskugel, erleiden sie bei der Bewegung nach der Mittelebene des Körpers hin starke Verkürzung. Außerdem ist der Große Brustmuskel in allen Stellungen ausgesprochener Pronator. Die Verkürzungslinie des Schlüsselbeinteiles des Muskels erinnert in ihrem Verlauf außerordentlich an die des kurzen Kopfes des Zweiköpfers und an die des Haken-Armbeinmuskels. Auch sie wird von der Nulllinie fast halbiert, d. h. die Grundstellung des Armes stellt für diese Muskeln ungefähr eine Mittelstellung dar. Die Größtleistung des Schlüsselbeinteils erfolgt, wenn der Arm auf dem hinteren Längskreis $M-70$ um 69° erhoben und um 60° supiniert war und aus dieser Stellung nach vorn auf den Längskreis $M+90$ (der also auf der Schulterblattebene senkrecht steht) gebracht wird und dabei noch um 4° (also bis auf P 73) gehoben und außerdem in 35° Pronation gedreht wird. Dabei verrichtet er eine Arbeit von 3.72 kg/m .

Die Verkürzungslinie des Hauptteils, d. h. des vom Brustbein und den Rippen entspringenden Mittelteils, hat einen ganz anderen Verlauf; man erkennt aus ihm, daß der Muskel fast bei allen Hebungen von der Grundstellung aus gedehnt wird, nur auf den medial vorwärts gerichteten Längskreisen von $M+70$ an kann er bei der Erhebung Arbeit leisten. Die größte Arbeit leistet der Hauptteil bei Vorhebung des Armes aus Supination um 90° auf den hinteren Längsgrad $M-70$ auf den genau nach vorn gerichteten Längskreis $M+60$, wenn der Arm zugleich vom Breitenkreis P 61 auf P 59 gesenkt und um 60° proniert wird. Die Arbeit bei dieser Bewegung berechnet sich auf nicht weniger als 8.084 kg/m .

Noch vollständiger unter die Nulllinie sinkt die Verkürzungslinie des Bauchteils des Muskels. Sie ähnelt sehr der des unteren Teils des Breitesten Rückenmuskels. Sie verläuft mit Ausnahme der Erhebung auf dem Längskreis $M+180$ ganz unter der Nulllinie, d. h. der Bauchteil des Großen Brustmuskels wird bei allen Erhebungen von der Grundstellung aus gedehnt (mit Ausnahme der Erhebung auf $M+180$, wobei er sich um 3 mm verkürzt). Die stärkste Dehnung erfährt er bei Erhebung fast gerade seitlich (auf $M-20$). Von dieser Stellung aus verkürzt er sich natürlich bei Anziehung und bei Senkung des Armes, und wie bereits für den ganzen Muskel angegeben, bei Einwärtskreiselung (Pronation). Daß die (gestrichelte) Dehnungslinie der Be-

wegung mit der Grenzkreiselung auf den seitlichen Längskreisen wesentlich tiefer läuft als die Dehnungslinie bei »reiner« Seithebung, rührt natürlich von der Auswärtskreiselung her, die mit der Grenzhebung dort verbunden ist, denn durch die Auswärtskreiselung wird die Dehnung des einwärts kreiselnden Muskels natürlich noch vermehrt. Die Hauptleistung des Bauchteils (0.34 kg/m) geschieht bei Senkung des Armes aus Erhebung um 98° auf dem seitlichen Längskreis M-20 auf die Höhe des 20. Breitenkreises im Nulllängskreis, während der Arm gleichzeitig aus 65° Supination in 55° Pronation gedreht wird.

Vorderschulterblattmuskel (m. Subscapularis).

Die Wirkung des Muskels ist nur auf die Kreiselbewegung eindeutig und leicht zu übersehen. Alle seine Teile wirken natürlich einwärts kreiselnd (pronierend). Nur bei waagerechter Erhebung auf dem Nullkreis fand ich merkwürdigerweise eine allerdings nur sehr geringfügige, 3 mm betragende Verkürzung bei der Auswärtskreiselung (Supination). Auf die Vor- bzw. Rückhebung und die Ab- bzw. Anziehung wirken die verschiedenen Teile des Muskels verschieden und nicht leicht übersichtlich. Wir teilten den Muskel zur genaueren Untersuchung wie auch SIMSO, in 4 Teile ein; einen oberen, mittleren, unteren und »lateralen«, d. h. ganz randständigen, der Achselhöhle zunächstliegenden Teil. Die Verkürzungslinien der 4 Teile zeigen recht verschiedenes Aussehen, rechtfertigen also unsere Trennung. Das eine nur ist allen gemeinsam, daß die Verkürzungslinien für die Grenzbewegungen, bei denen mit der Hebung also eine Zwangskreiselung verbunden ist, auf den vorderen Längskreisen, wo die Grenzkreiselung eine Einwärtskreiselung (Pronation) ist, über der Linie für die reinen Erhebungen liegt. Das ist selbstverständlich, weil der Muskel eben vor allem ein Einwärtskreisler (Pronator) ist. Auf den hinteren Längskreisen, wo die Grenzhebungen mit einer Auswärtskreiselung (Supination) verbunden sind, liegt die Verkürzungslinie für diese Bewegungen natürlich unter der Linie für die »reinen« Hebungen, denn durch die Auswärtskreiselung wird der Muskel natürlich gedehnt oder seine Verkürzung vermindert.

Beim oberen Teil des Muskels geschieht die Hauptverkürzung bei der Erhebung nach vorn auf dem Längsgrad M+80 um 80° und Pronation um 25° , sie ist freilich auch da nur 1.5 cm; die stärkste Dehnung erfuhr der obere Teil bei Rückhebung auf dem Längsgrad M-70 um 69° und 60° Supination. Beim Übergang aus der ersteren in die letztere Stellung ist seine Arbeit auf 2.05 kg/m zu schätzen.

Der mittlere Teil des Muskels erfährt bei den Erhebungen von der Grundstellung aus nur sehr geringe, fast überall kaum 5 mm betragende Verkürzungen, wenn nicht besonders starke Pronationen gemacht werden. Wenn aber der um 94° auf dem Längskreis M+40 erhobene Arm um 40° proniert wird, verkürzt sich der Muskel um 2 cm. Die größte Dehnung (23 mm) erfuhr dieser Muskelteil bei waagerechter Erhebung nach der Seite auf dem Längskreis M-30 und 95° Supination. Beim Übergang aus ersterer in letztere Stellung berechneten wir seine Leistung auf 1.89 kg/m.

Etwas größere Ausschläge bei den meridionalen Erhebungen zeigt die Verkürzungslinie des unteren Teils des Muskels. Seine größte, immerhin doch 14 mm betragende Verkürzung dabei hatte der Muskel bei der Rückhebung des Armes gerade senkrecht zur Schulterblattebene (also auf dem Längskreis M -90), die stärkste Dehnung bei der Erhebung einwärts vorwärts auf dem Längskreis M +100, und zwar im Betrag von 15 mm. Wenn starke Kreiselungen ausgeführt werden, werden die Verkürzungen und Dehnungen aber noch größer. Die Größtleistung erfolgt bei der Rückführung des Armes von 60° Vorhebung auf dem vordersten Längskreis der Kugel (M +90) und 30° Supination nach hinten zum Längskreis M -90 und dem Breitekreis P 51 sowie 25° Pronation; die Arbeit beträgt dabei 2.35 kg/m.

Noch größere Ausschläge zeigt der »Seitliche Teil« des Muskels. Seine Wirkungslinie liegt aber fast ganz unter der Nulllinie, d. h. bei fast allen Hebungen des Armes von der Grundstellung aus wird der Muskel gedehnt. Seine größte Dehnung zeigt sich bei Erhebung des Armes etwa gerade nach der Seite (auf dem Längskreis M -20). Bei dieser Bewegung wird er bei Hebung um 94° und Supination um 100° gerade 50 mm gedehnt. Bei Rückhebung auf dem Längskreis M -130 (also fast gerade nach hinten) verkürzt er sich bei Hebung um 29° und Pronation um 25° um 11 mm. Seine Größtarbeit beim Übergang aus der ersteren in die letztere Stellung beträgt 2.4 kg/m.

Obergrätenmuskel (m. supraspinatus).

Die Leistungslinie des Muskels liegt im wesentlichen über der Nulllinie, wie das auch SHINO fand. Seine Hauptverkürzung findet er bei Vorhebung im Gebiet etwas vor der Schulterblattebene und bei Seit- und auch Rückhebung, wenn Auswärtskreiselung (Supination) damit verbunden ist, wie z. B. bei den Grenzhebungen. Daher läuft die gestrichelte Linie für die Grenzhebungen höher als die für die »reinen« Hebungen. Beim Heben nach vorn und einwärts wird seine Verkürzung vermehrt durch Einwärtskreiseln (Pronieren). SHINO hat an einer Strichzeichnung klargemacht, daß sich diese Tatsache leicht daraus erklärt, daß das obere Ende der Längsachse des Armes nach hinten wandert, wenn der Arm nach vorn gehoben wird. In diesem Fall läuft die Zugrichtung des Muskels vor der Längsachse des Armes vorbei, dreht den Arm also vorn herum mit dem kleineren Armhöcker nach einwärts (s. Bild 19 bei SHINO). Die größte Arbeit leistet er, wenn der Arm um 20° auf dem medialen Längskreis M +180 um 20° erhoben und um 30° proniert wurde und nun auf den hinten lateral liegenden Längskreis M -40 seitwärts geführt, auf 88° gehoben und um 75° supiniert wird. Die Arbeit beträgt dann 5.394 kg/m.

Großer Runder Muskel (m. Teres major).

Die Leistungslinie dieses Muskels entspricht im wesentlichen vollständig der des oberen Teils des Breitesten Rückenmuskels, nur daß der Dehnungsbetrag beim Runden Muskel etwas geringer ist. Er ist demnach auch ein

Rückheber und ein Anzieher aus seitlich gehobener Stellung und natürlich durchgehends ein Einwärtskreisler (Pronator). SHUNO betont mit Recht, daß er den seitlich gehobenen Arm auch sowohl nach hinten als nach vorn waagrecht, d. h. auf den Breitekreisen gegen die Mittellinie anziehen kann. Seine Größtleistung beträgt nicht weniger als 11.34 kg/m, wenn der Arm vom seitlich-vorn liegenden Längskreis $M+20$ und 105° Erhebung sowie 60° Supination nach hinten geführt wird, auf den Längskreis $M-130$ und bis zum Breitekreis P 28 gesenkt sowie in 25° Pronation gebracht wird.

Kleiner Runder Muskel (m. Teres minor).

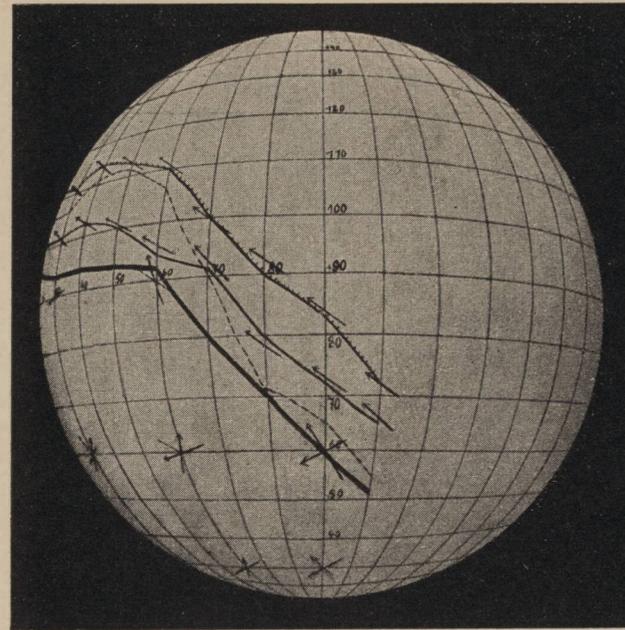
Das Leistungsgebiet liegt fast ganz unter der Nulllinie, d. h. der Muskel wird bei allen »reinen« Erhebungen von der Grundstellung aus gedehnt. Nur bei Rückhebung, etwa senkrecht zur Schulterblattebene ($M-110$ bis $M-130$), kann er sich etwas verkürzen. Auch wenn der Arm schon gehoben ist, liegt seine Zugrichtung unter der Abziehungsachse, so daß er den Arm von da aus nicht etwa weiterheben kann, wie es bei dem unteren Teil des Untergrätenmuskels der Fall ist. Mit dem Untergrätenmuskel hat er aber natürlich die auswärtskreiseln- (supinierende) Wirkung gemein. Seine größte Arbeit verrichtet er, wenn der Arm auf dem Längskreis $M+10$ seitwärts um 55° gehoben und 65° proniert wird und dann nach hinten auf dem Längsgrad $M-130$ auf 20° gesenkt und um 50° supiniert wird. Er leistet dabei 1.56 kg/m.

Langer Kopf des Dreiköpfers (cpt. long. m. Tricipitis).

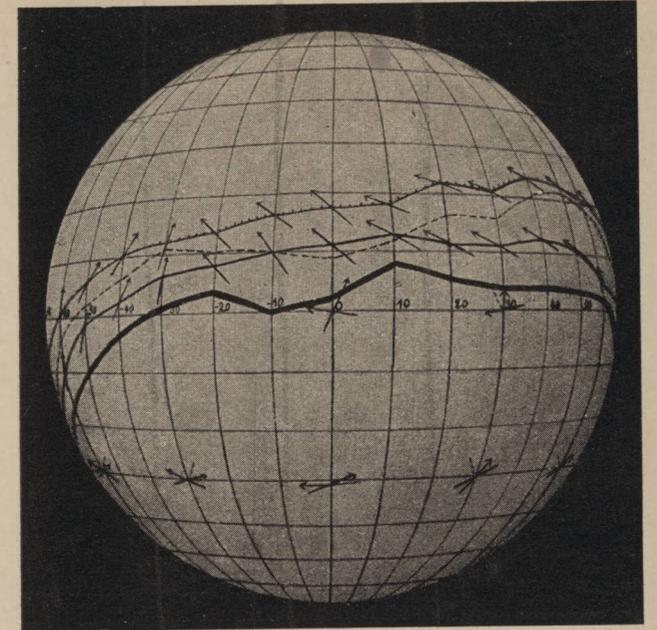
Vergleichen wir die entsprechenden Tafeln, so sehen wir, daß dieser Muskel grundsätzlich dasselbe Wirkungsgebiet betr. der Armhebung und -anziehung hat wie der Lange Runde Muskel (Teres major) und der Breiteste Rückenmuskel, nur sind die Ausschläge, d. h. die Verkürzungen bzw. Dehnungen, etwas geringer. Er ist also wie diese ein Rückheber und Anzieher, ein starker Gegenwirker bei der Seithebung. Was die Kreiselungen betrifft, so fanden wir beim jetzigen Präparat die Wirkung nur sehr unbedeutend, wie es auch A. E. FICK und E. WEBER gefunden hatten, während das Präparat SHUNOS eine deutlichere auswärts kreiseln- (supinierende) Wirkung des Muskels ergeben hatte. Bei unserem Präparat wird der Muskel in den meisten Stellungen sowohl durch Einwärts- als auch durch Auswärtskreiseln etwas gedehnt, ist also an den betreffenden Stellen der Bewegungskugel in der »Neutralstellung« am verkürztesten. Seine größte Leistung führt er aus, wenn der Arm auf dem Längskreis $M+40$ um 103° lateral vorwärts gehoben und um 23° supiniert war und von dieser Stellung aus nach hinten bis auf 31° gesenkt und um 15° supiniert wird. Seine Arbeitsleistung dabei berechneten wir auf 10.2 kg/m.

Lans (Tirol), Ansitz Heimkehr, Herbst 1929.

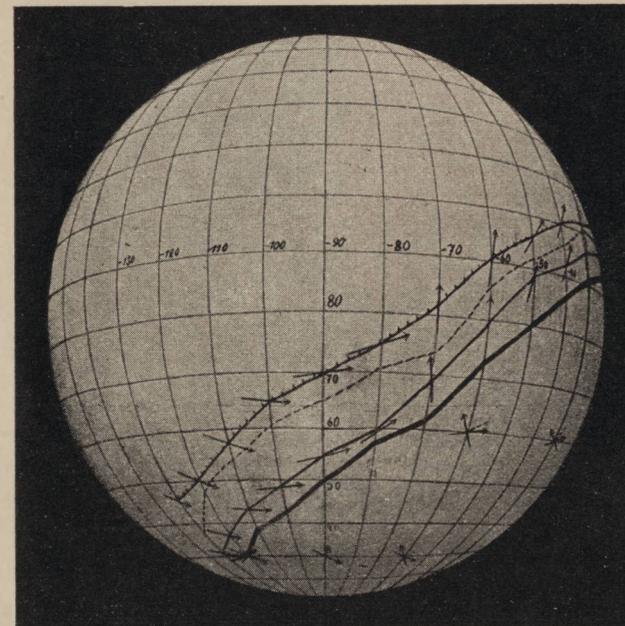
Ausgegeben am 19. Oktober.



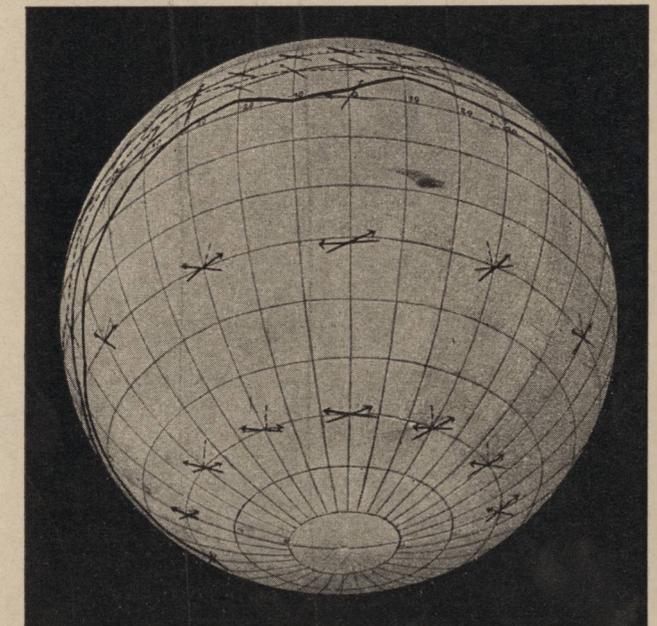
Vorderansicht der Erhebungsbahn des Armes.



Seitenansicht der Erhebungsbahn des Armes.



Rückansicht der Erhebungsbahn des Armes.



Darstellung des Umfangs der selbständigen Kreiselungen in den mittleren Teilen des Bewegungsfeldes des Armes.

Blick auf die »Bewegungskugel« von lateral und unten.
Die Doppelpfeile auf dem 30., 60. und 90. Breitenkreis entsprechen der äußersten Pro- bzw. Supinationsstellung der queren Ellbogenachse des Oberarmes.

Dicke ausgezogene Linie = Haut-Muskelpräparat ohne Grenzkreislung. Punktierte Linie = Bänderpräparat mit Grenzkreislung.
 Dünne » » = » mit » Gestrichelte » = » ohne »
 Pfeile = Stellung der Ellbogenachse bei äußerster Hebung.

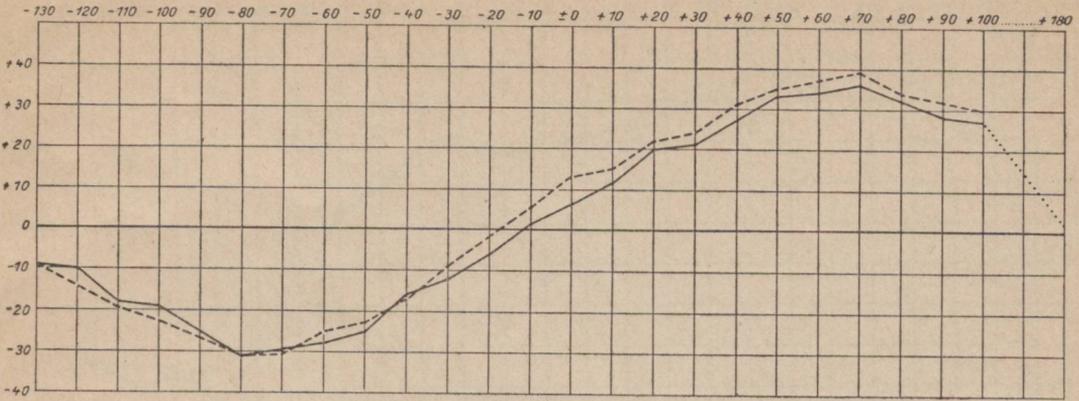


Bild 1. Verkürzungslinie des m. biceps, cpt. breve.

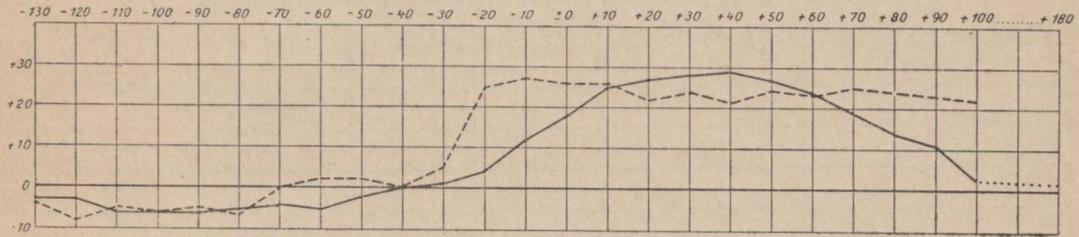


Bild 2. Verkürzungslinie des m. biceps, cpt. longum.

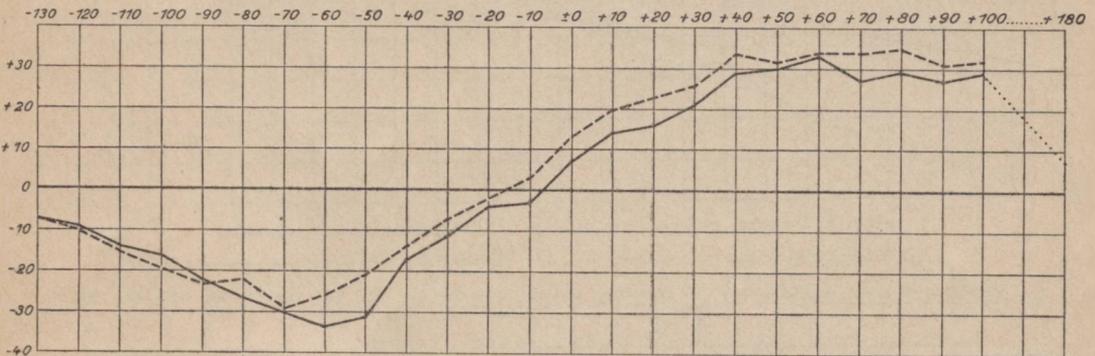


Bild 3. Verkürzungslinie des m. coracobrachialis.

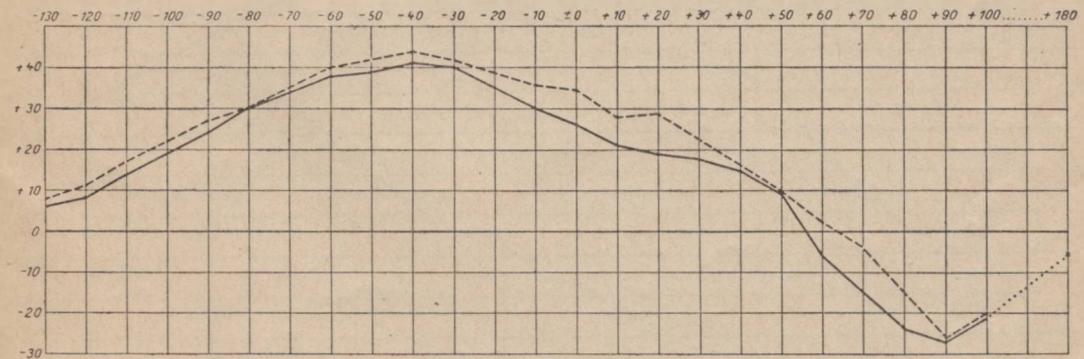


Bild 4. Verkürzungslinie des m. deltoides, pars acromialis.

— ohne Kreiselung.
 - - - mit Grenzkreiselung.

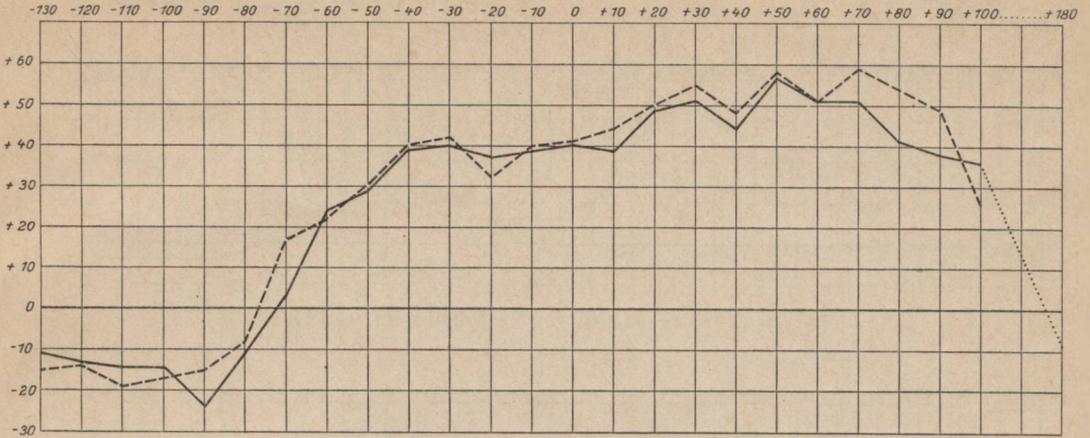


Bild 1. Verkürzungslinie des m. deltoideus, pars clavicularis.

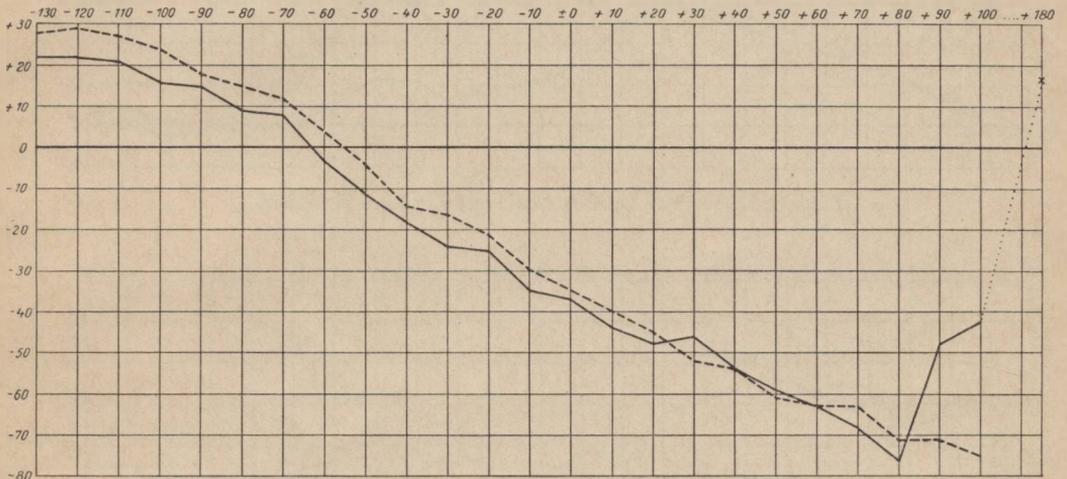


Bild 2. Verkürzungslinie des m. deltoideus, pars spinalis.

— ohne Kreiselung. mit Grenzkreiselung.

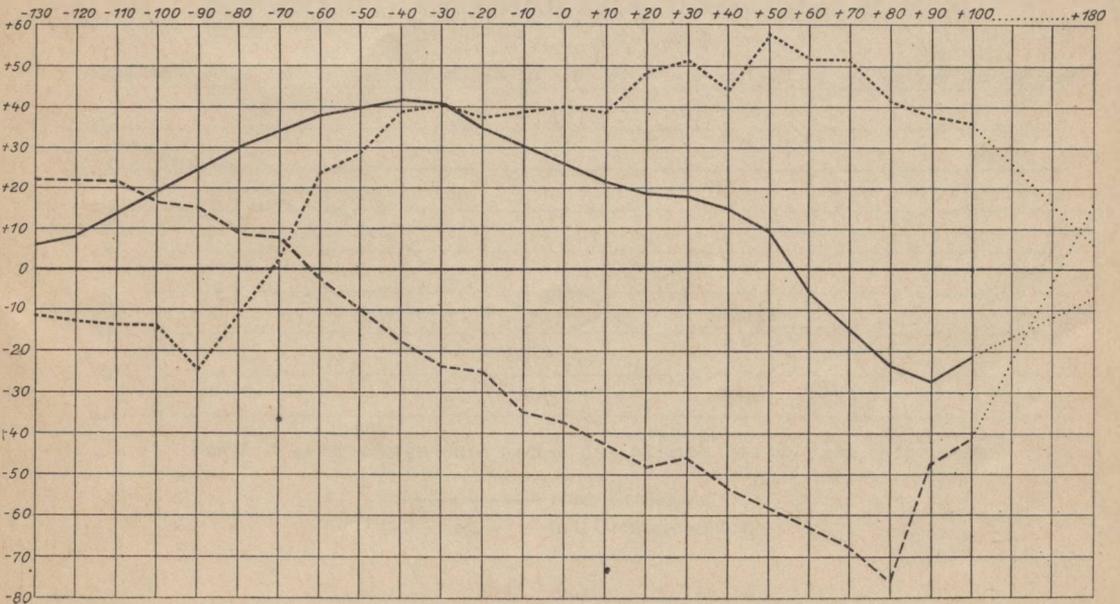


Bild 3. M. Deltoideus (alle Teile auf einem Bild).

..... p. clavicularis. — acromialis. spinalis.

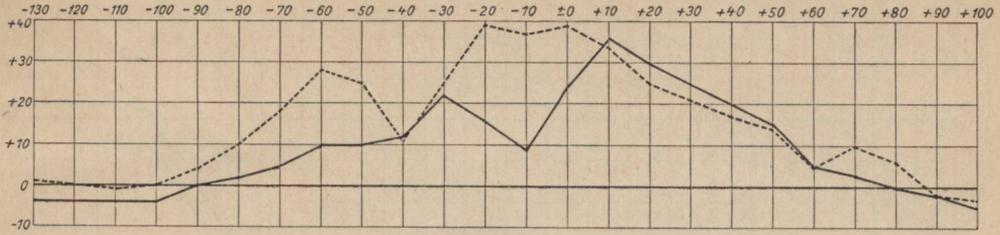


Bild 1. Verkürzungslinie des m. infraspinatus, I.

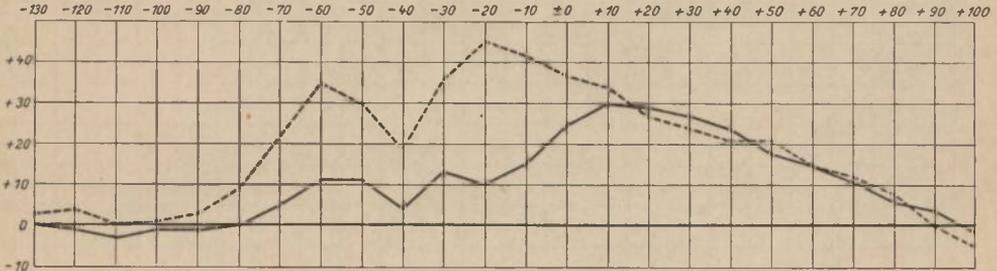


Bild 2. Verkürzungslinie des m. infraspinatus, II.



Bild 3. Verkürzungslinie des m. infraspinatus, III.

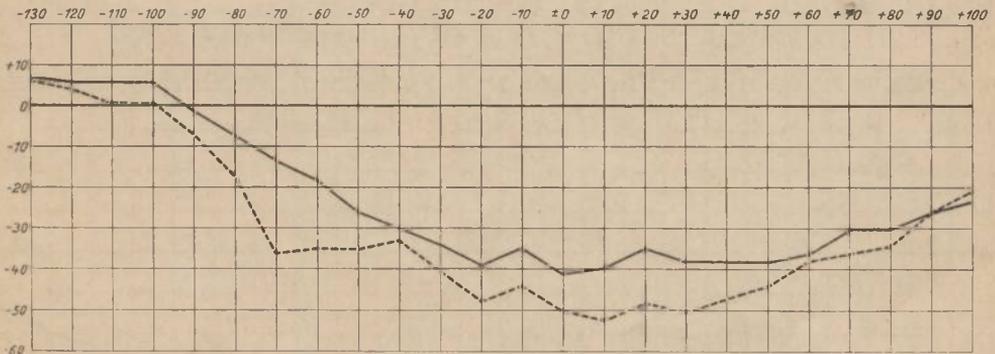


Bild 4. Verkürzungslinie des m. latissimus dorsi, pars inferior.

— ohne Kreiselung.
- - - mit Grenzkreiselung.



Bild 1. Verkürzungslinie des m. latissimus dorsi, pars superior.

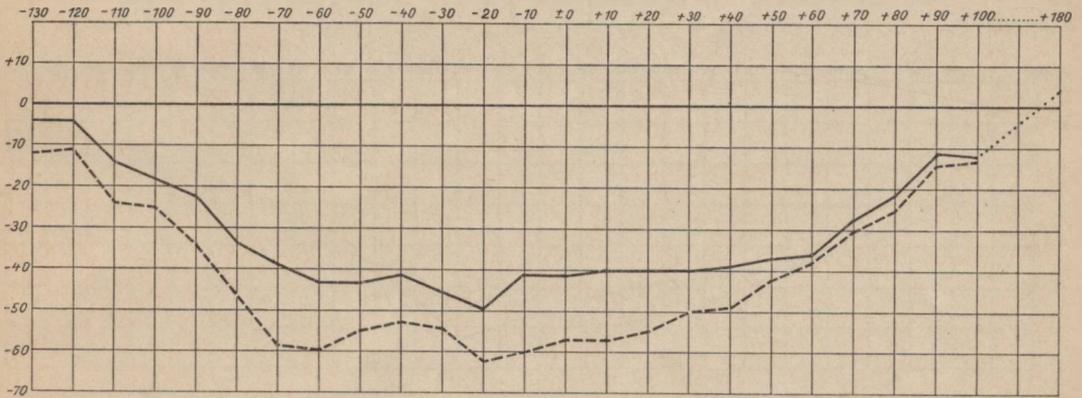


Bild 2. Verkürzungslinie des m. pectoralis mj., Bauchteil.

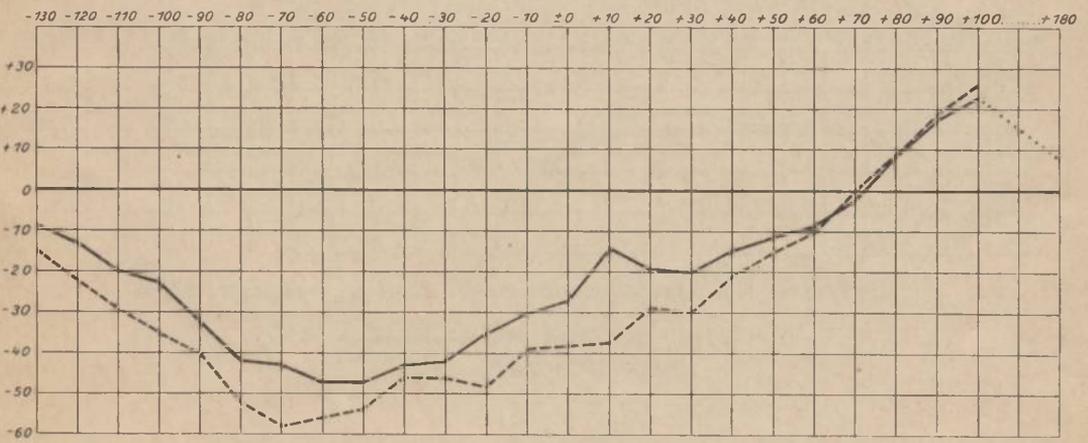


Bild 3. Verkürzungslinie des m. pectoralis mj., Brustteil.

————— ohne Kreiselung.
 mit Grenzkreiselung.

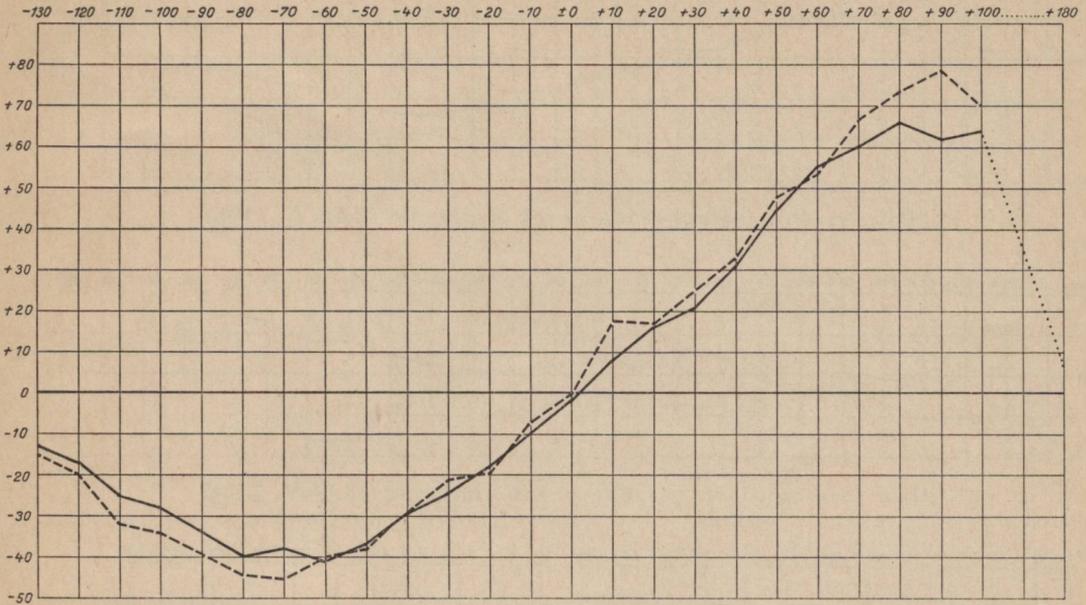


Bild 1. Verkürzungslinie des m. pectoralis mj., Schlüsselbeinteil.

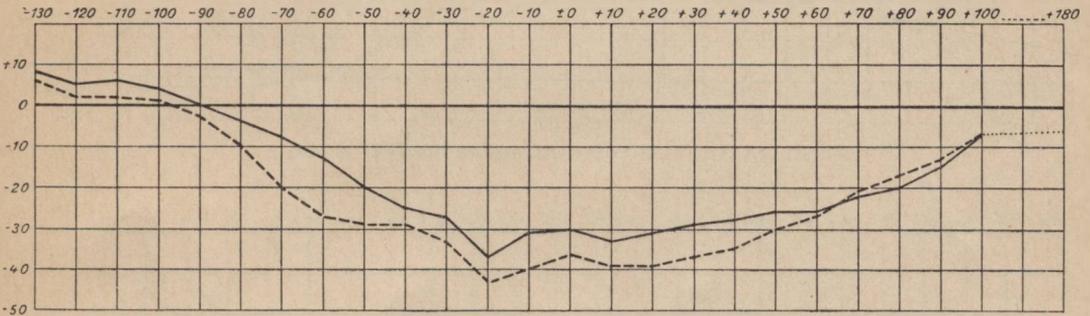


Bild 2. Verkürzungslinie des m. subscapularis, lateraler Teil.

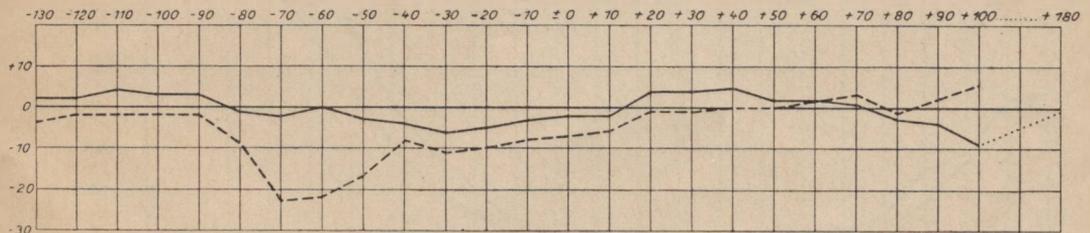


Bild 3. Verkürzungslinie des m. subscapularis, mittlerer Teil.

— ohne Kreiselung.
- - - mit Grenzkreiselung.

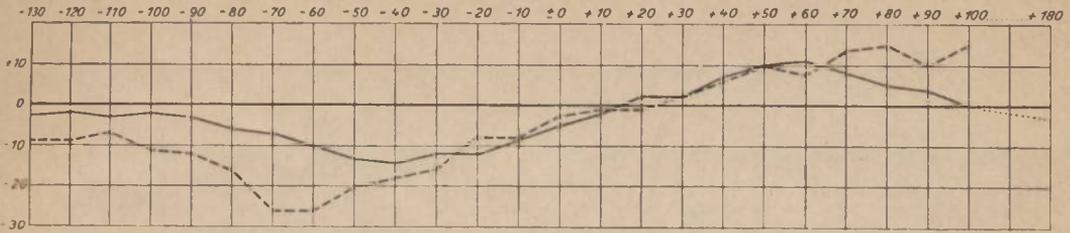


Bild 1. Verkürzungslinie des m. subscapularis, oberer Teil.

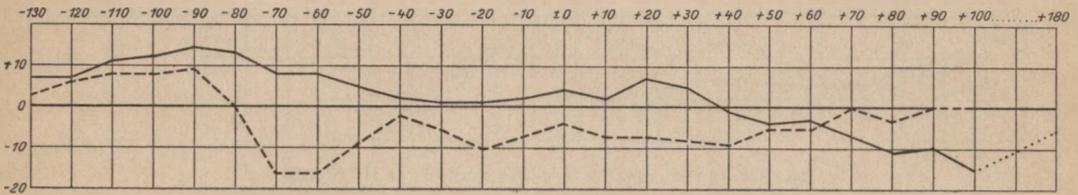


Bild 2. Verkürzungslinie des m. subscapularis, unterer Teil.

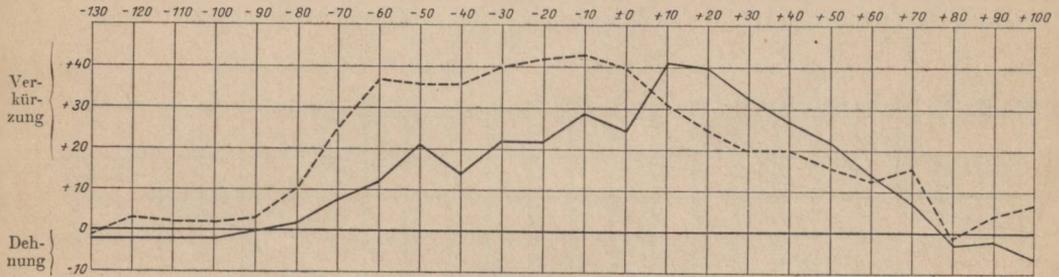


Bild 3. Verkürzungslinie des m. supraspinatus.

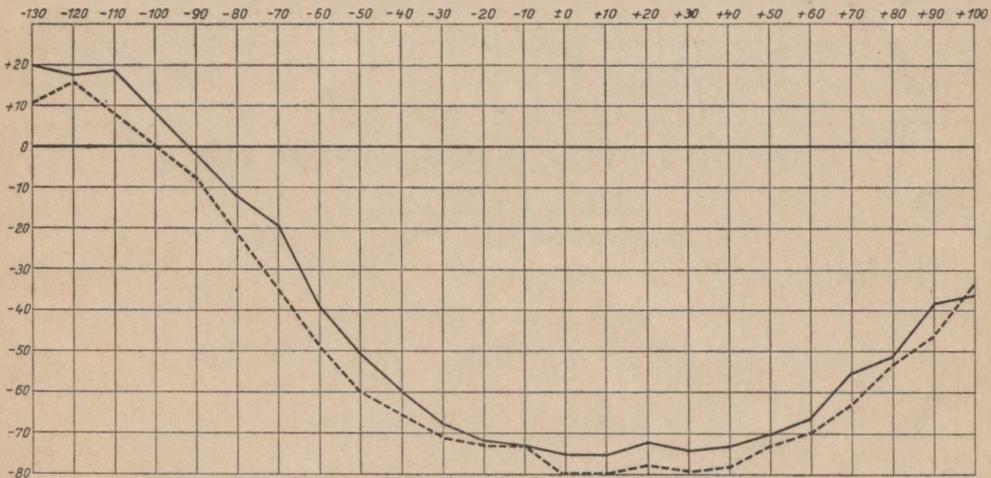


Bild 4. Verkürzungslinie des m. teres major.

— ohne Kreiselung.
 - - - mit Grenzkreiselung.

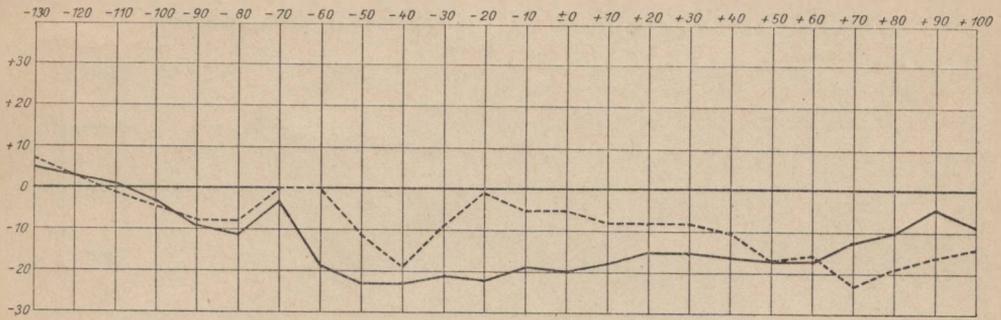


Bild 1. Verkürzungslinie des m. teres minor.

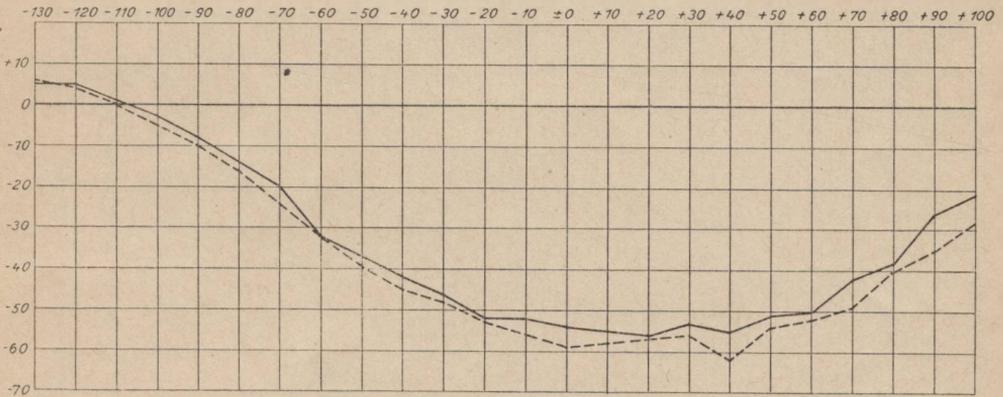


Bild 2. Verkürzungslinie des m. triceps, cpt. longum.

— ohne Kreiselung.
 - - - mit Grenzkreiselung.

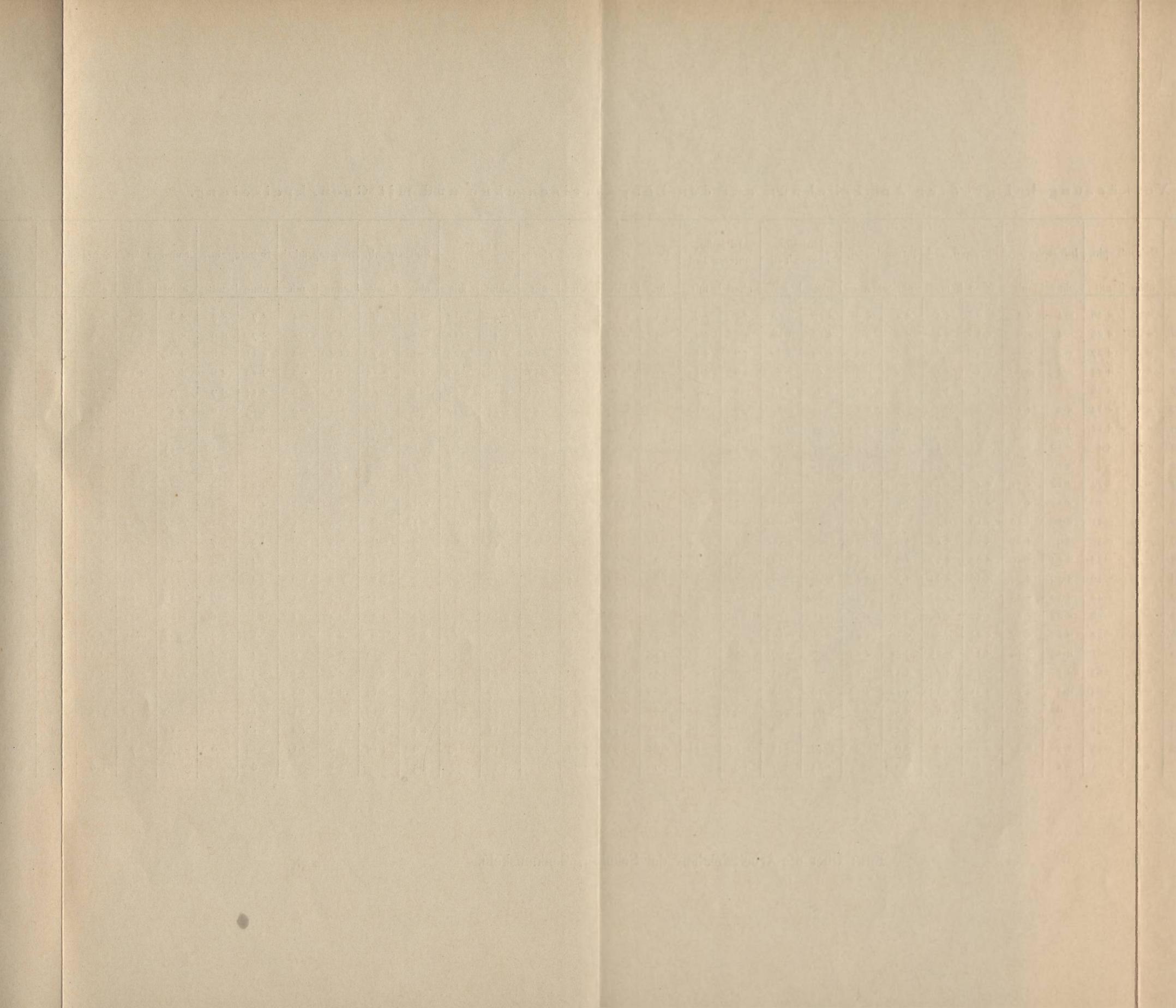
Verkürzung bei größter Armerhebung auf den Längs

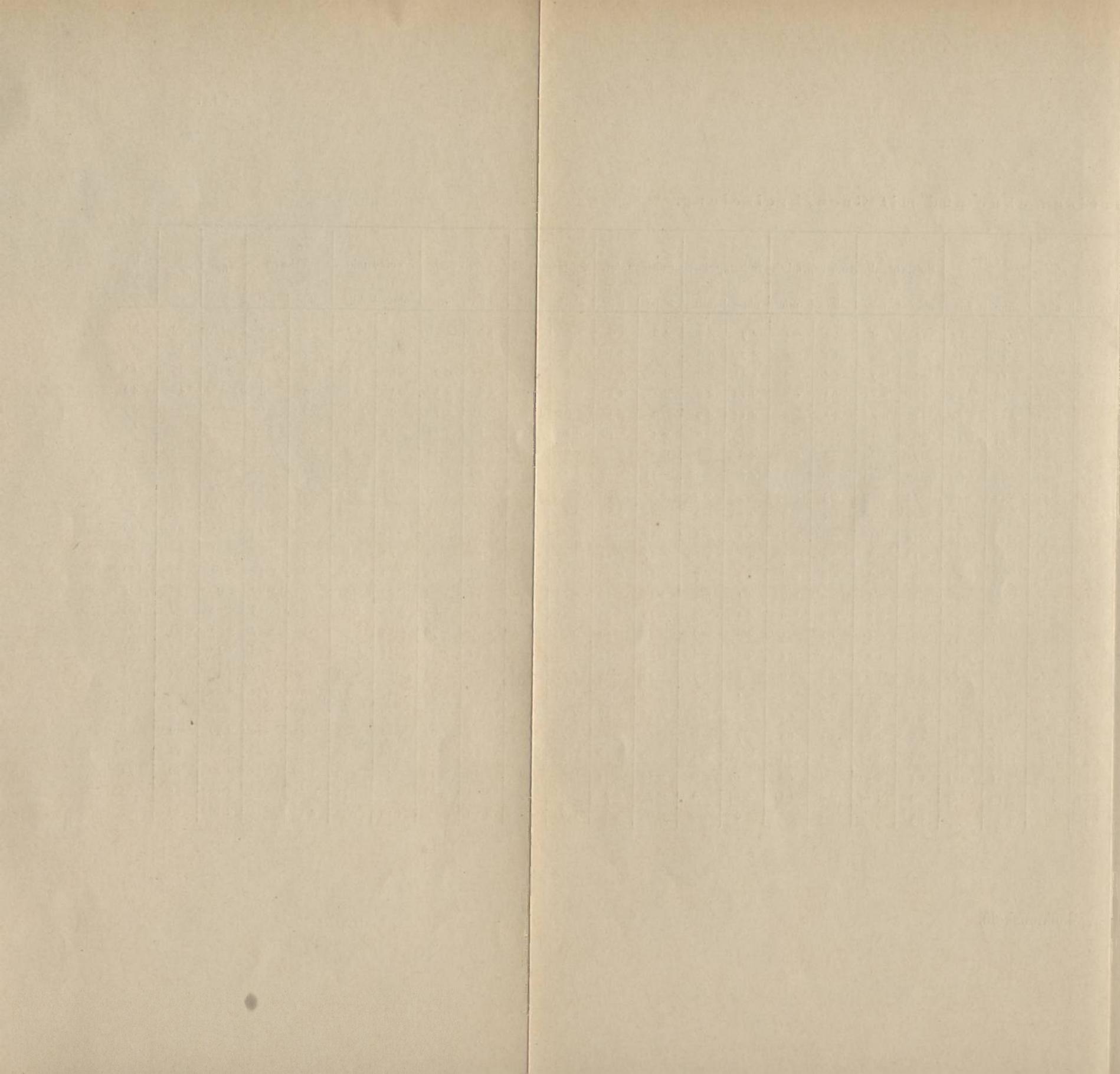
M	P ohne	P mit	Biceps br.		Biceps lg.		Coracobr.		Deltoid. clavic.		Deltoid. acrom.		Deltoid. spin.		Infraspin. sup.		Infraspin. med.		Infraspin. inf.		Latissim. oberer Teil		Latissim. unterer Teil		Pector. clav.	
			ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
-130	29	31	-9	-9	-3	-4	-7	-7	-11	-15	+6	+8	+22	+28	-4	+1	0	+5	+4	+6	+26	+22	+7	+6	-13	-15
-120	30	37	-10	-14	-3	-8	-9	-10	-13	-14	+8	+11	+22	+29	-4	±0	-1	+4	+5	+5	+19	+18	+6	+4	-17	-20
-110	39	44	-18	-19	-6	-5	-14	-15	-14	-19	+14	+17	+21	+27	-4	-1	-3	0	-2	-1	+13	+8	+6	+1	-25	-32
-100	42	49	-19	-22	-6	-6	-16	-19	-14	-17	+19	+22	+16	+24	-4	±0	-1	+1	-7	-8	+4	-3	+6	+1	-28	-34
-90	50	55	-25	-26	-6	-5	-22	-23	-24	-15	+24	+27	+15	+18	0	+4	-1	+3	-5	-4	-9	-15	-1	-7	-34	-39
-80	58	60	-31	-31	-5	-6	-26	-22	-11	-8	+30	+30	+9	+15	+2	+10	0	+9	-7	+1	-25	-34	-7	-17	-40	-44
-70	61	69	-29	-30	-4	0	-30	-29	+3	+17	+34	+35	+8	+12	+5	+18	+5	+22	-6	+19	-38	-53	-13	-36	-38	-45
-60	73	80	-28	-25	-5	+2	-33	-26	+24	+22	+38	+40	-3	+4	+10	+28	+11	+35	-3	+24	-57	-66	-18	-35	-41	-40
-50	80	89	-25	-23	-2	+2	-31	-21	+29	+30	+39	+42	-11	-4	+10	+25	+11	+30	+3	+17	-71	-80	-26	-35	-37	-38
-40	87	92	-16	-17	0	0	-17	-14	+39	+40	+41	+44	-18	-14	+12	+11	+4	+19	+9	+14	-84	-87	-30	-33	-29	-20
-30	91	96	-12	-9	+1	+5	-11	-7	+40	+42	+40	+42	-24	-16	+22	+25	+13	+36	+2	+23	-90	-93	-34	-40	-24	-21
-20	94	98	-6	-2	+4	+25	-4	+2	+37	+32	+35	+39	-25	-21	+16	+39	+10	+45	-1	+40	-97	-101	-39	-48	-18	-19
-10	90	100	+1	+5	+12	+27	-3	+3	+39	+40	+30	+36	-35	-30	+9	+37	+15	+42	+9	+41	-98	-102	-35	-44	-10	-7
±0	92	101	+6	+13	+18	+26	+7	+13	+40	+41	+26	+35	-37	-35	+24	+39	+25	+37	+5	+40	-103	-105	-41	-50	-2	±0
+10	97	103	+11	+15	+25	+26	+14	+20	+39	+44	+21	+28	-44	-40	+36	+34	+30	+34	+18	+35	-106	-109	-40	-52	+8	+18
+20	95	101	+20	+22	+27	+22	+16	+23	+49	+50	+19	+29	-48	-45	+30	+25	+29	+27	+21	+32	-104	-110	-35	-48	+16	+17
+30	94	101	+21	+24	+28	+24	+21	+26	+51	+55	+18	+22	-46	-52	+25	+21	+27	+24	+26	+31	-113	-105	-38	-50	+21	+25
+40	94	103	+27	+31	+29	+21	+29	+34	+44	+48	+15	+16	-54	-54	+20	+17	+24	+21	+26	+31	-100	-104	-38	-47	+31	+33
+50	94	100	+33	+35	+27	+24	+30	+32	+57	+58	+9	+10	-59	-61	+15	+14	+18	+21	+21	+25	-96	-99	-38	-44	+45	+48
+60	92	94	+34	+37	+24	+23	+33	+34	+51	+51	-6	+2	-63	-63	+5	+5	+15	+15	+17	+24	-92	-93	-36	-38	+55	+52
+70	80	91	+36	+39	+19	+25	+27	+34	+51	+59	-15	-4	-68	-63	+3	+10	+11	+12	+15	+13	-79	-85	-30	-36	+60	+67
+80	72	80	+32	+36	+14	+24	+29	+35	+41	+54	-24	-16	-76	-71	0	+6	+6	+8	+17	+8	-64	-70	-30	-34	+66	+74
+90	59	73	+28	+32	+11	+23	+27	+31	+38	+49	-27	-26	-48	-71	-2	-2	+4	0	+19	+6	-50	-60	-26	-26	+62	+79
+100	51	65	+27	+30	+3	+22	+29	+32	+36	+26	-21	-25	-42	-75	-5	-3	-5	-5	+6	0	-48	-48	-23	-21	+64	+70
+180	20		+2		+2		+7		-9		-6		+16		-2		-1		+2		+23		+6		+6	

Kreisen ohne und mit Grenzkreislung.

Pector. stern.		Pector. abdom.		Subscap. ob.		Subscap. mittl.		Subscap. inf.		Subscap. lat.		Supraspinatus		Teres maj.		Teres min.		Triceps		M	P ohne	P mit
ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit			
-9	-15	-4	-12	-3	-9	+2	-4	+7	+3	+8	+6	-2	-1	+20	+11	+5	+7	+5	+6	-130	29	31
-13	-22	-4	-11	-2	-9	+2	-2	+7	+6	+5	+2	-2	+3	+18	+16	+3	+3	+5	+4	-120	30	37
-20	-29	-14	-24	-3	-7	+4	-2	+11	+8	+6	+2	-2	+2	+12	+9	+1	-1	+1	0	-110	39	44
-23	-35	-18	-25	-2	-11	+3	-2	+12	+8	+4	+1	-2	+2	+8	+1	-3	-4	-3	-5	-100	42	49
-33	-40	-22	-34	-3	-12	+3	-2	+14	+9	0	-3	0	+3	-2	-7	-9	-8	-8	-10	-90	50	55
-42	-52	-34	-47	-6	-16	-1	-9	+13	0	-4	-10	+2	+10	-12	-21	-11	-8	-14	-16	-80	58	60
-43	-58	-39	-59	-7	-26	-2	-23	+8	-16	-8	-20	+8	+25	-19	-35	-3	0	-20	-24	-70	61	69
-47	-56	-43	-60	-10	-26	0	-22	+8	-16	-13	-27	+12	+37	-39	-49	-19	0	-32	-32	-60	73	80
-47	-54	-43	-55	-13	-20	-3	-17	+5	-9	-20	-29	+21	+36	-51	-60	-23	-11	-37	-39	-50	80	89
-43	-46	-41	-53	-14	-18	-4	-8	+2	-2	-25	-29	+14	+36	-60	-65	-23	-19	-42	-45	-40	87	92
-42	-46	-45	-54	-12	-16	-6	-11	+1	-5	-27	-33	+22	+40	-68	-71	-21	-9	-46	-48	-30	91	96
-35	-48	-50	-62	-12	-8	-5	-10	+1	-10	-37	-43	+22	+42	-72	-73	-22	-1	-52	-53	-20	94	98
-30	-39	-41	-60	-9	-8	-3	-8	+2	-7	-31	-40	+29	+43	-73	-73	-19	-5	-52	-56	-10	90	100
-27	-38	-41	-57	-5	-3	-2	-7	+4	-4	-30	-36	+25	+40	-75	-80	-20	-5	-54	-59	±0	92	101
-14	-37	-40	-57	-2	-1	-2	-6	+2	-7	-33	-39	+41	+31	-75	-80	-18	-8	-55	-58	+10	97	103
-19	-29	-40	-55	+2	-1	+4	-1	+7	-7	-31	-39	+40	+25	-72	-78	-15	-8	-56	-57	+20	95	101
-20	-30	-40	-50	+2	+2	+4	-1	+5	-8	-29	-37	+33	+20	-74	-79	-15	-8	-53	-56	+30	94	101
-15	-21	-39	-49	+7	+6	+5	0	-1	-9	-28	-35	+27	+20	-73	-78	-16	-10	-55	-62	+40	94	103
-11	-15	-37	-42	+10	+10	+2	0	-4	-5	-26	-30	+22	+16	-70	-73	-17	-17	-51	-54	+50	94	100
-9	-10	-36	-38	+11	+8	+2	+1	-3	-5	-26	-27	+14	+13	-66	-70	-17	-16	-50	-52	+60	92	94
-2	0	-27	-30	+8	+14	+1	+3	-7	0	-22	-21	-7	+16	-55	-63	-12	-23	-42	-49	+70	80	91
+9	+9	-21	-25	+5	+15	-3	-1	-11	-3	-20	-17	-3	-1	-51	-53	-10	-19	-38	-40	+80	72	80
+18	+19	-11	-14	+4	+10	-4	+2	-10	0	-15	-13	-2	+4	-38	-46	-4	-16	-26	-35	+90	59	73
+23	+26	-12	-13	0	+15	-9	+11	-15	0	-7	-7	-6	+7	-36	-35	-8	-14	-21	-28	+100	51	65
+8		+3		+3		-1		-6		-6		-6		+19		+10		+1		+180	20	

ergelenkmuskeln.





Verkürzung bei größter Kreiselung aus der Grundst

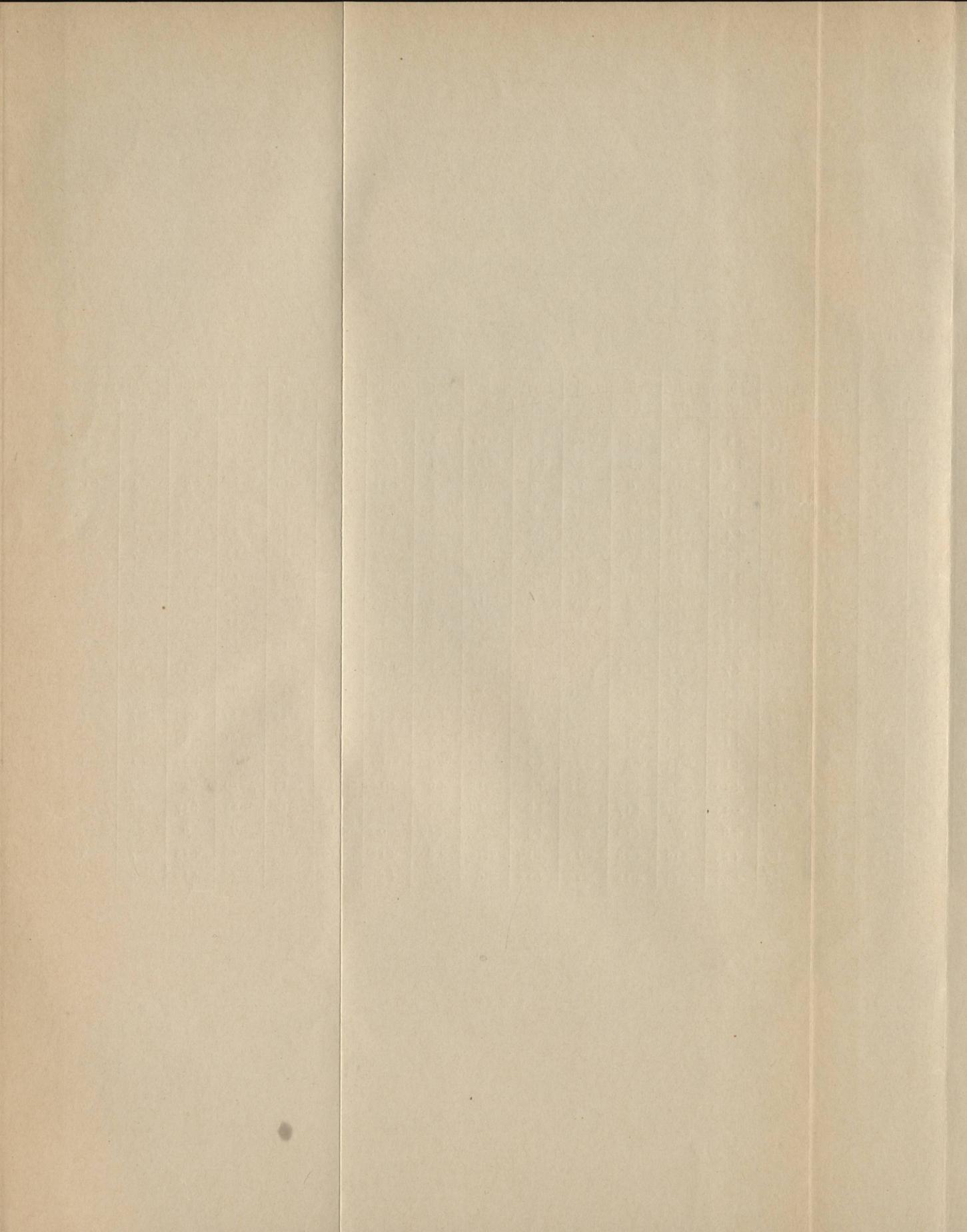
M	P	Pron.	Sup.	Biceps brev.		Biceps lg.		Coracobrach.		Deltoid. clav.		Deltoid. aer.		Deltoid. spin.		Infraspin. sup.		Infraspin. med.		Infraspin. inf.		Latiss. ob.		Latiss. mt.		Pectoralis		Pect. stern.	
				P.	S.	P.	S.	P.	S.	Pr.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	clavic.
-120	30	15	65	-2	-2	+5	-4	-2	+2	-3	-8	-4	+3	-5	+9	-5	+26	-4	+25	-5	+20	0	-10	+4	-13	+4	-7	+3	-22
-90	30	40	90	-8	-7	+7	+3	-9	-2	+1	-7	-5	-3	-5	+11	-11	+32	-12	+36	-7	+21	-4	-14	+6	-20	0	-13	+10	-29
	60	5	40	-1	+1	+1	-2	0	+4	+1	0	-3	0	-1	+4	-4	+12	-2	+13	-2	+4	+1	-5	+2	-12	+2	-2	+1	-11
-60	30	55	85	-10	-9	+9	+9	-12	+3	-2	-8	-6	-6	-10	+2	-13	+32	-14	+34	-12	+32	+4	-13	+11	-19	+3	-5	+18	-23
	60	25	90	-2	+6	+1	+14	-7	+6	+1	-7	-2	-2	-1	+11	-9	+34	-11	+33	-5	+24	+1	-10	+5	-23	+2	0	+2	-16
-30	30	65	85	-12	-2	+1	+2	-10	+4	+4	-3	-7	0	-9	+5	-12	+29	-12	+32	-13	+36	+3	-13	+14	-22	+2	-8	+10	-28
	60	45	95	-9	0	-2	+11	-11	+4	+3	-10	-5	-4	-2	+6	-11	+29	-13	+36	-16	+35	+2	-13	+14	-15	+7	0	+4	-25
0	90	5	95	-1	+3	0	+20	-2	+3	0	-7	0	-2	-1	0	-2	+21	-2	+25	-3	+27	+1	-5	+2	-17	+1	-6	0	-17
	0	55	65	-2	-1	+11	-2	-5	+5	+8	+3	-6	+1	-8	+10	-10	+30	-9	+29	-10	+28	+3	-5	+8	-7	+5	-10	+12	-19
+30	30	70	85	-9	-6	+1	-5	-12	+2	+3	-4	-7	-2	-6	+4	-10	+26	-11	+20	-10	+38	+5	-11	+20	-13	+4	-8	+16	-23
	60	65	95	-4	+2	-8	-2	-10	+4	+3	-5	-7	-2	-6	0	-11	+13	-14	+26	-10	+32	+4	-7	+15	-20	+6	-11	+16	-22
+60	90	25	85	-3	+3	-11	-6	-3	+6	+1	-3	-3	+1	-1	-3	-3	+3	-6	+15	-10	+16	+1	-4	+6	-18	+2	-7	+5	-18
	30	70	75	-4	-1	0	-11	-3	+5	-2	-4	-5	-4	-9	+2	-10	+23	-10	+28	-15	+14	+3	-12	+14	-11	+5	-12	+8	-23
+90	60	65	80	-3	-3	-6	-17	-4	+3	+1	-2	-5	0	-5	-2	-3	+10	-7	+15	-10	+22	-1	-13	+16	-12	0	-13	+16	-20
	90	30	65	-1	-2	-3	-13	-2	+5	0	-2	+2	-3	+3	-3	+3	-4	0	+1	-4	+9	0	-5	+7	-16	+7	-13	+5	-14
+60	30	65	60	-5	-2	+11	-21	-7	+1	+4	-7	-8	-3	-13	+2	-5	+18	-10	+22	-14	+25	0	-15	+4	-7	+7	-15	+15	+18
	60	65	55	-6	-7	+9	-13	-5	+2	-1	-7	-6	-4	-17	-10	0	+9	-2	+16	-3	+15	+2	-11	+11	-9	+8	-8	+19	-11
+90	90	40	0	-2	-	+6	-	-1	-	+4	-	+9	-	+3	0	+11	0	+4	0	0	0	+3	-	+9	0	+6	-	+7	-
	30	60	45	-3	0	+13	-11	-7	0	+4	-5	-3	0	-11	+1	-2	+24	-7	+20	-11	+22	+10	-4	+12	-2	+8	-10	+19	-10
+90	60	60	30	0	-5	+20	-8	-4	-2	+6	-8	+3	-3	-7	-8	-2	+9	-8	+10	-12	+14	+8	-8	+10	-3	+10	-9	+10	-4

FICK: Über die Arbeitsleistung der Schultergelenkmuskeln.

ellung.

Pect. unt.		Subscap. ob.		Subscap. mitt.		Subscap. unt.		Subscap. lat.		Supra. spin.		Teres maj.		Teres min.		Triceps	
P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.	P.	S.
+1	-23	+4	-24	+5	-25	+6	-24	+2	-12	-1	+8	+4	-10	0	+8	-1	-1
+3	-33	+8	-34	+14	-36	+15	-30	+3	-19	-5	+29	+7	-15	-6	+21	-6	-4
+2	-12	0	-19	0	-18	0	-15	0	-6	-4	+11	0	-10	-1	+5	-3	+1
+14	-27	+11	-28	+17	-34	+20	-27	0	-19	-5	+19	+6	-15	-9	+25	-6	-2
+8	-9	+6	-21	+4	-32	+7	-35	+2	-18	-10	+32	+4	-12	-5	+28	-1	+4
+13	-21	+11	-24	+20	-28	+20	-35	+2	-18	-5	+20	+7	-14	-15	+24	-7	-3
+9	-26	+7	-11	+10	-26	+12	-34	+2	-20	-10	+21	+9	-8	-13	+26	-4	0
+1	-20	0	0	0	-10	+1	-19	0	-17	-2	+28	+2	-4	-5	+25	-1	-6
+6	-8	+15	-26	+20	-24	+17	-17	+7	-12	+2	+18	+8	-8	-11	+19	-5	0
+17	-17	+9	-28	+20	-30	+15	-35	+1	-18	+2	+19	+6	-15	-19	+26	-5	-1
+13	-25	+2	-17	+7	-25	+13	+28	-1	-22	-12	+6	+6	-9	-22	+25	0	+3
+6	-17	0	+3	+2	-12	0	-21	0	-14	0	+2	+3	-4	-8	+19	0	+2
+12	-15	+12	-25	+18	-26	+20	-30	0	-17	+8	+19	+3	-15	-20	+23	-7	-1
+19	-12	0	-20	+12	-24	+15	-26	+6	-14	+5	+3	+6	-9	-21	+23	-6	-2
+4	-17	+1	-8	+1	-13	+2	-22	+7	-10	+6	-10	+2	-5	-6	+13	+1	-3
+12	-5	+14	-27	+19	-22	+22	-21	+2	-15	+6	+14	+6	-14	-19	+20	-7	-2
+18	-6	+6	-22	-13	-19	+17	-20	+8	-16	+4	+3	+3	-12	-23	+17	-5	-3
0	-	+7	-	+8	-	+10	-	+3	-	+10	0	+8	0	-9	0	+2	-
+9	-3	+22	-19	+23	-19	+18	-13	+10	-10	+8	+11	+10	-1	-16	+13	-7	-3
+10	-2	+18	-13	+20	-15	+15	-13	+13	-6	+10	+5	+10	-4	-16	+12	-2	0





Bekanntmachung.

Vom 1. Januar 1930 ab gelten für den Bezug der »Sitzungsberichte« der Preußischen Akademie der Wissenschaften die folgenden Bestimmungen:

1. Jede einzelne Arbeit ist wie bisher separat käuflich.
2. Ferner wird eine Subskription nach Fachgruppen eröffnet. Folgende Gruppen sind vorläufig in Aussicht genommen:
 - a) Mathematik.
 - b) Physik, Chemie, Mineralogie, Astronomie, Astrophysik, Technik.
 - c) Geophysik, Geodaesie, Geologie, Geographie.
 - d) Botanik, Zoologie, Paläontologie, Anatomie, Physiologie.
 - e) Philosophie.
 - f) Geschichte des Altertums.
 - g) Mittlere und neuere Geschichte.
 - h) Kirchengeschichte.
 - i) Rechts- und Staatswissenschaft.
 - k) Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.
 - l) Klassische Philologie.
 - m) Orientalische Philologie.
 - n) Kunstwissenschaft, Archaeologie und Vorgeschichte.

Die Subskribenten auf eine oder mehrere dieser Fachgruppen erhalten alle zu der betreffenden Gruppe gehörigen Arbeiten (einschließlich der nicht im Buchhandel erscheinenden kleinen Mitteilungen) mit einem Preisnachlaß von 20 %.

Die Subskription verpflichtet zur Abnahme aller im Laufe eines Kalenderjahres in der betreffenden Fachgruppe erscheinenden Arbeiten. Sie kann jederzeit eröffnet werden, jedoch nicht mit rückwirkender Kraft. Wird die Subskription nicht spätestens zum 1. Dezember widerrufen, so gilt sie als stillschweigend erneuert für das folgende Jahr.

Die Subskription erfolgt direkt bei der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin NW 7, Unter den Linden 38:

3. Endlich erscheinen die »Sitzungsberichte« auch wie bisher in Jahressbänden, die ebenso durch Subskription erhältlich sind, und zwar getrennt in »physikalisch-mathematische Klasse« und »philosophisch-historische Klasse«. Die Subskription auf die Jahressbände erfolgt in derselben Weise wie die Subskription auf die einzelnen Fachgruppen. Das bisherige Abonnement fällt fort.

Für jedes einzelne Heft der »Sitzungsberichte« wird (entsprechend dem Verkaufspreis der darin enthaltenen Arbeiten) ein fester Ladenpreis angesetzt. Den Subskribenten auf die Jahressbände der »Sitzungsberichte« einer einzelnen Klasse wird ein Preisnachlaß von 40 % auf die Preise der einzelnen Hefte, den Subskribenten auf beide Klassen ein solcher von 50 % gewährt.

Preußische Akademie der Wissenschaften.



Sonderabdrucke

Verla
In Kou
Physi



A
730

G. PÓLYA: Beitrag zur Verallgemeinerung des Verzerrungssatzes. (Zweite Mitteilung)	<i>R.M.</i> 1.—
E. KAMKE: Verallgemeinerungen des JORDANSCHEN Kurvensatzes und stetige Winkelfunktionen	2.—
v. FICKER: Bemerkungen über die meteorologischen Verhältnisse Teneriffas	1.—
HABERLANDT: Zur Entwicklungsphysiologie des Periderms	2.—
LANDAU: Der PICARD-SCHOTTKYSCHER Satz und die BLOCHSCHE Konstante. Zweite Abhandlung	1.—
KOEBE: RIEMANSCHESCHEN Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen. (Zweite Mitteilung)	2.50
KOEBE: RIEMANSCHESCHEN Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen. (Dritte Mitteilung)	3.50
HABERLANDT: Die Lage des Zellkerns in der Eizelle der Angiospermen	1.—
FICK: Beobachtungen am Orangehalsack (3 Tafeln)	1.—
HOFMANN: Nitrit-Nitratbildung aus Ammoniak und Sauerstoff an alkalischen Oberflächen	1.—
R. WEITZENBÖCK: Differentialinvarianten in der EINSTEINSCHEN Theorie des Fernparallelismus	1.—
G. SZEGÖ: Verallgemeinerung des ersten BIEBERBACHSCHEN Flächensatzes	1.—
BODENSTEIN: Kettenreaktionen	1.—
HABER und H.-D. Graf von SCHWEINITZ: Über Zündung des Knallgases durch Wasserstoffatome	1.—
BIEBERBACH u. SCHUR: Über die MINKOWSKISCHE Reduktionstheorie der positiven quadratischen Formen	2.—
PASCHEN: Das erste Funkenspektrum des Quecksilbers Hg II	1.—
EINSTEIN: Zur einheitlichen Feldtheorie	1.—
OSTWALD: Grundsätzliches zur messenden Farbenlehre. Erster Teil	1.—
HESSE: Die Stufenleiter der Organisationshöhe der Tiere	1.—
CARATHÉODORY: Über die Winkelderivierten von beschränkten analytischen Funktionen	1.—
G. PÓLYA: Beitrag zur Verallgemeinerung des Verzerrungssatzes. (Dritte Mitteilung)	1.—
LUDENDORFF: Untersuchungen über die δ Cephei-Sterne	2.—
A. MARK: Zwei Sätze über schlichte Funktionen	1.—
K. F. BONHOEFFER und P. HARTECK: Experimente über Para- und Orthowasserstoff	1.—
WAGNER: Plan einer Fernsprechkabelverbindung zwischen Europa und Amerika	1.—
SCHUR: Einige Sätze über Primzahlen mit Anwendungen auf Irreduzibilitätsfragen. I	1.—
T. LEVI-CIVITA: Vereinfachte Herstellung der EINSTEINSCHEN einheitlichen Feldgleichungen	2.—
EINSTEIN: Einheitliche Feldtheorie und HAMILTONSCHESCHES Prinzip	1.—
HAHN: Atomumwandlungen und ihre Bedeutung für Chemie und Physik	1.—
HABER: Elektrizitätsträger bei der Explosion brennbarer Gase im Gemische mit Luft	1.—
G. D. BIRKHOFF: Divergente Reihen und singuläre Punkte gewöhnlicher Differentialgleichungen	1.—
PENCK: Geomorphologische Probleme im Fernen Westen Nordamerikas	2.—
G. HOHEISEL: Über das Verhalten des reziproken Wertes der RIEMANSCHEN Zeta-Funktion	1.—
LUDENDORFF: Über den sogenannten 61 Cygni-Sternstrom	1.—
ZIMMERMANN: Besonderes vom Knicken	1.—
STUDY: Die angeblichen Antinomien der Mengenlehre	1.—
FICK: Gedächtnisrede auf FRANZ KEIBEL	2.—
LANDAU: Bemerkungen zu einer Arbeit von Hrn. HOHEISEL über die Zetafunktion	1.—
A. OSTROWSKI: Über Schwankungen analytischer Funktionen, die gegebene Werte nicht annehmen	1.—
v. FICKER: Der Sturm in Norddeutschland am 4. Juli 1928	2.50
HABERLANDT: Über Regenerationsvorgänge bei <i>Bryopsis</i> und <i>Codium</i>	1.—
RUBNER: Alte und neue Irrwege auf dem Gebiete der Volksernährung	2.—
SCHUR: Einige Sätze über Primzahlen mit Anwendungen auf Irreduzibilitätsfragen. II	2.—
TH. VAHLEN: Zur Partition der Zahlen	1.—
E. HOPF: Über die geschlossenen Bahnen in der Mondtheorie	1.—
KOEBE: RIEMANSCHESCHEN Mannigfaltigkeiten und nichteuklidische Raumformen. (Vierte Mitteilung)	2.50
FICK: Über die Arbeitsleistung	2.—

Biblioteka Gł. AWF w Krakowie

IV



1800056298

KOLEKCJA
SWF UJ

730