

Edition Moderne

Nr. 1.

Ondříček-Wittelsmann

*Neue Meister-technik
des
Violinspiels*

Wien

Leipzig

Wickau u. Welleminsky.

Herrn Dr. RICHARD MÜHSAM,
Oberarzt der chirurg. Abteilung des städtischen Krankenhauses Moabit in Berlin,
zugeeignet.

Neue Methode
zur Erlangung der Meistertechnik des Violinspiels
auf anatomisch-physiologischer Grundlage
(Finger- und Bogentechnik)

von
FRANZ ONDŘÍČEK und Dr. med. S. MITTELMANN
k. u. k. Kammervirtuose, Offizier des Franz-Josefs-Ordens in Wien

New method
for acquiring the Mastertechnique of violin playing
on anatomical and physiological basis

(technique of finger and bow)

K K VI 67
by



FRANZ ONDŘÍČEK,
chamber virtuoso by special appointment to his Imp.
and Royal Majesty the emperor of Austria,
Officer of the order of Francis Joseph

and Dr. med. S. MITTELMANN
in Vienna

Catalog

09 J. M. G.

Fr. Dietrich
3
Bibliothek

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Theoretischer Teil.

Vorwort.

Das vorliegende Werk hat den Zweck, den Violinist mit dem Apparat vertraut zu machen, mit welchem er die spezifische Arbeit auf dem Instrument vollführt, und soll ihn gleichzeitig in den Stand setzen, sich auf rationelle Art den höchst erreichbaren Grad der Technik anzueignen. — Die physiologische Abhandlung über die Muskelbewegungen wird sich natürlich auch auf andere Instrumente beziehen lassen.

Die einschlägige Anatomie erscheint durch entsprechende Abbildungen veranschaulicht, um sie dem Musiker möglichst leicht zu vermitteln. Die Kenntnis der Knochen, Gelenke und Muskeln wie ihrer Funktionen ist unerlässlich zum Verständnis der physiologischen Betrachtungen, welche für die hier niedergelegte Methode richtunggebend sein sollen. Darum wurde der theoretische Teil dem praktischen, dem Hauptthema des Buches vorangestellt. Letzterem sind photographische Aufnahmen über richtige Bogenführung und schwierige Fingerstellungen beigegeben. Als Mediziner und Geiger war es dem Verfasser möglich, seine empirisch gefundene Methode zur Erlangung der Meistertechnik auf der Violine nach anatomischen und physiologischen Gesichtspunkten zu begründen und zu erklären. Dieselben Wege sind in praxi schon oft betreten, aber vielleicht nicht weiter verfolgt worden, weil die Garantie für ihre Richtigkeit und ihren Wert mangelte, wie sie nur die Wissenschaft zu liefern vermag. Kein Geringerer, als Meister Franz Ondříček, der große Geiger, hat den praktischen Teil des Buches seiner Mitarbeiterschaft gewürdigt, und aus diesem Grunde glaubt der Verfasser hoffen zu dürfen, daß sein Werk in der musikalischen Welt freundliche Aufnahme findet.

Wien, im Jänner 1909.

Dr. S. Mittelman.

Theoretical Part.

Preface.

The purpose of this work is to make the violinist familiar with the apparatus, with which he executes the specific work on the instrument, and ought to enable him at the same time to acquire the highest possible degree of technic in a rational way. The physiological essay about the movements of muscles can be applied of course to other instruments.

The anatomy referred to is illustrated by corresponding pictures to mediate it to the musician as easily as possible. The knowledge of the bones, joints and muscles as well as their function is indispensable for the understanding of the physiological considerations, which will give the direction for the method here proposed. Therefore the theoretical part has been placed before the practical, the principal theme of the book. Photographic illustrations referring to the correct management of the bow and difficult positions of fingers are added to the latter. The writer, being a medical man and a violinist, found it possible to prove and explain his empirically found method of acquiring the mastertechnics on the violin according to anatomical and physiological points of view. The same ways have been followed already often in practice but have not been continued perhaps, as the guaranty for their correctness and their value was wanting, which only the science is able to furnish. No less an authority than Franz Ondříček, the great violinist, has honoured the practical part of this book with his collaboration and for that reason the writer entertains the hope, that his work will be favourably received in the musical world.

Vienna, January 1909.

Dr. S. Mittelman.

Tafel II.

Fig. 1. Oberarm (*Humerus*) von hinten gesehen.

- c = Oberarmkopf (*Caput humeri*),
h = Hals des Oberarms (*Collum humeri*),
tmj = großer Höcker (*Tuberculum majus*),
a = Außenfläche des Oberarms,
i = Innenfläche (dem Rumpfe zugewendet),
f = Grube für den Hakenfortsatz der Elle (*Fossa olecrani*),
em = innerer oder medialer Knorren (*Epicondylus medialis*),
el = äußerer oder lateraler Knorren (*Epicondylus lateralis*),
tr = Rolle (*Trochlea*).

Fig. 2. Oberarm von vorn.

- c = Oberarmkopf (*Caput humeri*),
h = Hals (*Collum humeri*),
tmj = großer Höcker (*Tuberculum majus*),
tm = kleiner Höcker (*Tuberculum minus*),
a = Außenfläche,
i = Innenfläche,
fm = vordere Grube für den Kronenfortsatz der Elle,
em = innerer medialer Knorren (*Epicondylus medialis*),
el = äußerer oder lateraler Knorren (*Epicondylus lateralis*),
tr = Rolle (*Trochlea*),
q = Köpfchen (*Capitulum*),
sp = Leiste des größeren Höckers (*Spina tuberculi majoris*),
sp' = Leiste des kleineren Höckers (*Spina tuberculi minoris*),
si = Furche zwischen den Leisten (*Sulcus intertubercularis*).

Fig. 3. Vorderarm.

- R = Speiche (*Radius*),
U = Elle (*Ulna*),
o = Hakenfortsatz (*Olecranon*),
pc = Kronenfortsatz (*Processus coronoideus*), [dea],
fs = Halbmondausschnitt (Gelenkfläche der Elle, *Fossa sigmoi-*
dalis),
t' = Rauigkeit der Elle (*Tuberositas ulnae*),
cu = Köpfchen der Elle (*Capitulum ulnae*),
pu = Griffelfortsatz der Elle (*Processus styloideus ulnae*),
g = Gelenkfläche des Köpfchens,
cp = Köpfchen des Radius (*Capitulum radii*),
ca = Gelenkfläche des Radius,
h = Hals (*Collum*),
t = Rauigkeit des Radius (*Tuberositas radii*),
pr = Griffelfortsatz des Radius (*Processus styloideus radii*).

Fig. 4. Elle, von der äußeren, der Speiche zugewendeten Seite gesehen.

- o = Hakenfortsatz (*Olecranon*),
pc = Kronenfortsatz (*Processus coronoideus*),
fs = Halbmondausschnitt (Gelenkfläche der Elle),
sl = Kleine Gelenkfläche der Elle (*Sinus lunatus*),
t' = Rauigkeit (*Tuberositas*).

Fig. 5. Rechtes Ellenbogengelenk.

- O = Oberarmbein (*Os humeri*),
em = innerer oder medialer Knorren (*Epicondylus medialis*),
el = äußerer oder lateraler Knorren (*Epicondylus lateralis*),
q = Köpfchen (*Capitulum*),
tr = Rolle (*Trochlea*), [flache trägt,
ca = Köpfchen des Radius (*Capitulum*), welches die Gelenk-
pc = Kronenfortsatz (*Processus coronoideus*),
R = Speiche (*Radius*),
U = Elle (*Ulna*).

Picture II.

Figure 1. Upper-arm (*Humerus*) seen from behind.

- c = head of the humerus (*Caput humeri*),
h = neck of the upper-arm (*Collum humeri*),
tmj = big tuberculum (*Tuberculum majus*),
a = outside surface of the upper-arm,
i = inside surface of the upper-arm,
f = cavity for the coracoid process of the ulna (*Fossa olecrani*),
em = inside or medial protuberance (*Epycondylus medialis*),
el = outside or lateral protuberance (*Epycondylus lateralis*),
tr = trochlea (*Trochlea*).

Figure 2. Upper-arm from the front.

- c = head of the humerus (*Caput humeri*),
h = neck (*Collum humeri*),
tmj = big tuberculum (*Tuberculum majus*),
tm = small tuberculum (*Tuberculum minus*),
a = outside edge,
i = inside edge,
fm = front cavity for the coronoid extension of the ulna,
em = inside medial protuberance (*Epycondylus medialis*),
el = outside or lateral protuberance (*Epycondylus lateralis*),
tr = roller (*Trochlea*),
q = capitulum (*Capitulum*),
sp = ledge of the bigger tubercle (*Spina tuberculi majoris*),
sp' = ledge of the smaller tubercle (*Spina tuberculi minoris*),
si = furrow between the ledges (*Sulcus intertubercularis*).

Figure 3. Fore-arm.

- R = radius (*Radius*),
U = ulna (*Ulna*),
o = coracoid extension,
pc = coronoid extension, [sigmoidea],
fs = incisura semilunaris (articular surface of the *Ulna fossa*
dalis),
t' = roughness of the ulna (*Tuberositas ulnae*),
cu = capitulum of the ulna (*Capitulum ulnae*),
pu = styloid extension of the ulna (*Processus styloideus ulnae*),
g = articular surface of the capitulum,
cp = capitulum of the radius (*Capitulum radii*),
ca = articular surface of the radius,
h = neck (*Collum*),
t = roughness of the radius (*Tuberositas radii*),
pr = styloid extension of the radius (*Processus styloideus radii*).

Figure 4. Ulna as seen from the outer side turned to the radius.

- o = coracoid extension (*Olecranon*),
pc = coronoid extension (*Processus coronoideus*),
fs = articular surface of the ulna (*Incisura semilunaris*),
sl = small articular surface of the ulna (*Sinus lunatus*),
t' = roughness (*Tuberositas*).

Figure 5. Right elbowjoint.

- o = humerus (*Os humeri*),
em = inside or medial protuberance (*Epycondylus medialis*),
el = outside or lateral protuberance (*Epycondylus lateralis*),
q = condyle (*Capitulum*),
tr = roller (*Trochlea*), [surface,
ca = capitulum of the radius (*Capitulum*) carrying the articular
pc = coronoid process,
R = radius (*Radius*),
U = ulna (*Ulna*).

Tafel II.

Fig. 6. Sagittalschnitt des unteren Endes des Armbeins mit dem oberen Ende der Elle.

fm = vordere Grube für den Kronenfortsatz,
f = hintere Grube für den Kronenfortsatz,
o = unteres Ende des Oberarms (*Humerus*),
U = Elle (*Ulna*),
o' = Hakenfortsatz (*Olecranon*),
pc = Kronenfortsatz (*Processus coronoideus*).

Fig. 7. Frontalschnitt des Schultergelenks.

C = Oberarmkopf (*Caput humeri*),
Gh = Gelenkspfanne.

Fig. 8.

Frontalschnitt der Handwurzelknochen in Verbindung mit den unteren Enden der Unterarmknochen und den oberen Enden der Mittelhandknochen.

R = Speiche (*Radius*) } unteres Ende,
U = Elle }
S = Kahnbein, }
L = Mondbein, } Erste Reihe, }
Py = Pyramidenbein, } *Tr* = Trapezbein, } Zweite Reihe,
pis = Erbsenbein, } *Trz* = Trapezoidbein, }
C = Kopfbein, }
H = Hakenbein, }

1, 2, 3, 4, 5 stellen der Reihe nach, vom Daumen angefangen, die oberen Enden der den Fingern entsprechenden Mittelhandknochen dar. *G, G', G''* stellen der Reihe nach die Gelenke zwischen Vorderarm und erster Handwurzelreihe, zwischen erster und zweiter Handwurzelreihe und zwischen zweiter Handwurzelreihe und Mittelhandknochen dar.

Fig. 9. Die Knochen der rechten Hand in ihrer Vereinigung und auf ihrer Rückenfläche.

Hw = Handwurzelknochen, }
S = Kahnbein, } *Tr* = Trapezbein,
L = Mondbein, } *Trz* = Trapezoidbein,
Py = Pyramidenbein, } *C* = Kopfbein,
H = Hakenbein,
p = Mittelhandknochen des Daumens (*Os metacarpi pollicis*),
i = " " " " Zeigefingers (*Os metacarpi indicis*),
m = " " " " Mittelfingers (*Os m. digiti medi*),
a = " " " " Ringfingers (*Os m. digiti annularis*),
q = " " " " klein. Fingers (*Os m. digiti minimi*).

1, 2 stellen die Endglieder (Phalangen) des Daumens,
 1, 2, 3 stellen die Endglieder des Zeige-, Mittel-, Ring- und kleinen Fingers dar.

Fig. 10.

Der linke herabhängende Arm mit dem Daumen (1) nach außen und der Hohlfläche der Hand nach vorn.

o = unteres Ende des Oberarms,
U = Elle (*Ulna*),
r = Speiche (*Radius*),
Hw = Handwurzelknochen,
M = Mittelhandknochen,
Ph = Endglieder (Phalangen),
 1, 2, 3, 4, 5 = Daumen-, Zeige-, Mittel-, Ring- und kleiner Finger.

Fig. 11.

Der linke Arm einwärts gerollt mit dem Daumen nach innen und dem Handrücken nach vorn.

Bezeichnung wie Fig. 10.

Picture II.

Figure 6. Sagittal section of the lower end of the humerus with the upper end of the ulna.

fm = front cavity for the coronoid extension,
f = back cavity for the coronoid extension,
o = lower end of the upper-arm (*Humerus*),
U = ulna,
o' = coracoid extension (*Olecranon*),
pc = coronoid extension (*Processus coronoideus*).

Figure 7. Frontal section of the shoulder joint.

C = head of the humerus,
Gh = articular cavity.

Figure 8.

Frontal section of the carpal bones in connection with the lower ends of the bones of the fore-arm and the upper ends of the metacarpal bones.

R = radius } lower end,
U = ulna }
S = scaphoid bone, }
L = lunar bone, } first row, }
Py = pyramidal bone, } *Tr* = trapezium, } second row,
pis = pisiform bone, } *Trz* = trapezoid bone, }
C = os capitatum, }
H = unciform bone, }

1, 2, 3, 4, 5 represent, following each other, beginning from the thumb, the upper ends of the metacarpal bones corresponding to the fingers. *G, G', G''* represent following each other the joints between fore-arm and the order of the wrist, between first and second order of the wrist and between second order of the wrist and metacarpal bones.

Figure 9. The bones of the right hand in their junction and on their dorsal surface.

Hw = carpal bone, }
S = scaphoid bone, } *Tr* = trapezium,
L = lunar bone, } *Trz* = trapezoid bone,
Py = pyramidal bone, } *C* = os capitatum,
H = unciform bone,
p = metacarpal bone of the thumb (*Os metacarpi pollicis*),
i = " " " " fore finger (*Os metacarpi indicis*),
m = " " " " middle finger (*Os m. digiti medi*),
a = " " " " ring finger (*Os m. digiti annularis*),
q = " " " " little finger (*Os m. digiti minimi*).

1, 2 represent the terminal members of the thumb,
 1, 2, 3 represent the terminal members of the fore, middle, ring and little finger.

Figure 10.

The left arm suspended, with the thumb (1) turned out and the hollow of the hand exposed.

o = lower end of the upper arm,
U = ulna,
r = radius,
Hw = carpal bone,
M = metacarpal bone,
Ph = terminal members (Phalangen),
 1, 2, 3, 4, 5 = fore, middle, ring and little finger.

Figure 11.

The left arm bent inwards with the thumb inwards and the back of the hand to the front.

Denoted as in figure 10.

Tafel I.

Fig. 1.

- W = Wirbel,
 sc = Gelenk zwischen Schlüsselbein und Brustblatt (Sterno-clavicular-Gelenk),
 c = Schlüsselbein (*Clavicula*),
 g = Gelenk zwischen Schlüsselbein und Schulterhöhe,
 s = Schulterhöhe oder Grätenecke (*Acromion*),
 p = Gelenkspfanne,
 a = Äußerer Schulterblattrand,
 i = Innerer Schulterblattrand,
 b = Brustblatt (*Sternum*),
 q = Rippen,
 r = Rabenschnabelfortsatz (*Processus coracoideus*),
 f = Vordere Schulterblattfläche.

Fig. 2.

- wi = Innerer oberer Winkel,
 g = Gelenkfläche für das Schlüsselbein,
 s = Schulterhöhe (*Acromion*),
 p = Gelenkspfanne,
 a = Äußerer Schulterblattrand,
 i = Innerer Schulterblattrand,
 r = Rabenschnabelfortsatz (*Processus coracoideus*),
 o = Oberer Schulterblattrand,
 h = Hals (*Collum*),
 e = Einschnitt (*Incisur*),
 f = Vordere Schulterblattfläche (*Fossa subscapularis*),
 wu = Unterer Winkel.

Fig. 3.

- s = Schulterhöhe (*Acromion*),
 a = Äußerer Rand,
 i = Innerer Schulterblattrand,
 r = Rabenschnabelfortsatz,
 h = Hals (*Collum*),
 l = Schultergräte (*Spina scapulae*),
 fi = Untere Grätengrube (*Fossa infraspinata*),
 fo = Obere Grätengrube (*Fossa supraspinata*),
 wi = Innerer oberer Winkel,
 wu = Unterer Winkel.

Picture I.

Figure 1.

- W = vertigo,
 sc = joint between clavicle and breast blade (*Sterno clavicular joint*),
 c = clavicle (*clavicula*),
 g = joint between clavicle and acromion extension,
 s = acromion extension (*Acromion*),
 p = glenoid cavity,
 a = outside border of shoulder blade,
 i = inside border of shoulder blade,
 b = breast blade (*Sternum*),
 q = ribs,
 r = coracoid process (*Processus coracoideus*),
 f = forward surface of the shoulder blade.

Figure 2.

- wi = inside upper angle,
 g = articular surface for the clavicle,
 s = acromion extension (*Acromion*),
 p = glenoid cavity,
 a = outside border of the shoulder blade,
 i = inside border of the shoulder blade,
 r = coracoid extension (*Processus coracoideus*),
 o = upper border of the shoulder blade,
 h = neck (*Collum*),
 e = incision (*Incisur*),
 f = forward border of the shoulder blade (*Fossa subscapularis*),
 wu = lower angle.

Figure 3.

- s = acromion extension (*Acromion*),
 a = outside edge,
 i = inside edge of the shoulder blade,
 r = coracoid extension,
 h = neck (*Collum*),
 l = spine of the scapula (*Spina scapulae*),
 fi = lower cavity of the bone (*Fossa infraspinata*),
 fo = upper cavity of the bone (*Fossa supraspinata*),
 wi = inside upper angle,
 wu = lower angle.

Tafel I. — Picture I.

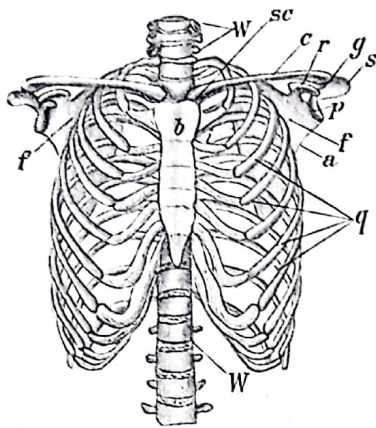


Fig. 1. — Figure 1.

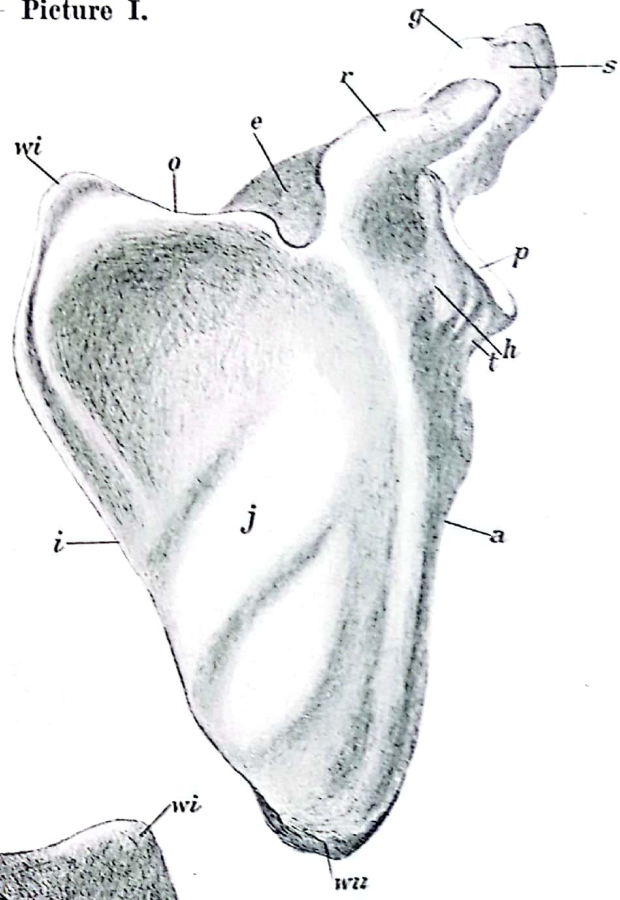


Fig. 2.
Figure 2.

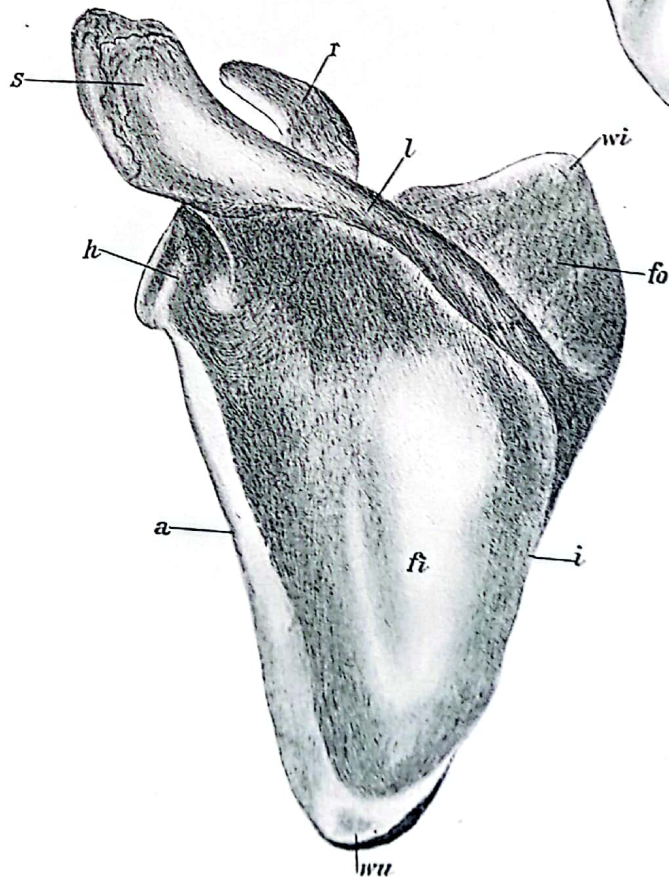


Fig. 3. — Figure 3.

Tafel III.

Fig. 1.

Die Muskeln von der Rückenseite betrachtet.

- h* = Hinterhaupt,
k = Kappenmuskel (*Musculus cucullaris*),
a = Schulterhöhe (*Acromion*),
s = Schultergräte (*Spina scapulae*),
d = Deltamuskel (*Musculus deltoideus*),
tr = der dreiköpfige Streckmuskel des Armes,
l = der breiteste Rückenmuskel,
i = Untergrätenmuskel (*Musculus infraspinatus*),
w = Wirbelsäule, 7 = letzter Halswirbel, I—XII = Brustwirbel, I—V = Lendenwirbel,
f = Ansatzsehne des breitesten Rückenmuskels,
n = Nackenband (*Ligamentum nuchae*).

Fig. 2.

Die Muskeln von vorn betrachtet.

- k* = Kappenmuskel (vorderer Anteil),
c = Schlüsselbein (*Clavicula*),
d = Deltamuskel,
p = der große Brustmuskel (*Musculus pectoralis major*),
b = Brustblatt (*Sternum*),
r = Rippenknorpel,
z = der zweiköpfige Armmuskel (*M. biceps*),
y = der innere Armmuskel (*M. brachialis internus*),
tr = der dreiköpfige Strecker des Armes (*M. triceps*),
m, m' = Kopfnicker,
s = Sehne des großen Brustmuskels.

Fig. 3.

Obere Endigung der Oberarmmuskeln.

- c* = Fragment des Schlüsselbeins,
pc = Rabenschnabelfortsatz des Schulterblattes (*Processus coracoideus*),
tm = großer Höcker des Oberarmkopfes (*Tuberculum majus*),
cl = langer Kopf (*Caput longum*) des zweiköpfigen Armmuskels,
cb = kurzer Kopf (*Caput breve*) des zweiköpfigen Armmuskels,
r = Rabenarmmuskel (*M. coraco-brachialis*).

Figur 4.

Zweite Schicht der Oberarmmuskeln (vorn).

- o* = Oberarmknochen,
y = der innere Armmuskel (*M. brachialis internus*),
r = unterer Abschnitt des Rabenarmmuskels,
ci = innerer Höcker des Oberarmbeins,
tu = Rauigkeit der Elle. Anheftungsstelle des inneren Armmuskels.

Figur 5.

Muskeln an der hinteren Gegend des Oberarms.

- tr* = der dreiköpfige Streckmuskel des Oberarms,
cl = der lange Kopf (*Caput longum*),
ce = der äußere Kopf (*Caput externum*),
ci = der innere Kopf (*Caput internum*),
o = Hakenfortsatz der Elle (*Olecranon*),
h = innerer Höcker des Oberarms (*Condylus internus*),
t = kleinerer Höcker (*Tuberculum minus*) des Oberarmkopfes,
pc = Rabenschnabelfortsatz des Schulterblattes,
s = Unterschulterblattmuskel (*M. subscapularis*).

Picture III.

Figure 1.

The muscles as looked at from the back.

- h* = occiput,
k = trapezius (*Musculus cucullaris*),
a = acromion,
s = spine of the scapula,
d = deltoid muscle (*Musculus deltoideus*),
tr = triceps of the arm,
l = the broadest dorsal muscle,
i = musculus infraspinatus,
w = vertebral column, 7 = last cervical vertebra, I—XII = thoracic vertebra, I—V = lumbar vertebra,
f = insertion sinew of the broadest dorsal muscle,
n = cervical ligament (*Ligamentum nuchae*).

Figure 2.

The muscles looked at from the front.

- k* = trapezius (*Musculus cucullaris*),
c = clavicle (*Clavicula*),
d = deltoid muscle,
p = *Musculus pectoralis major*,
b = sternum,
r = costal cartilage,
z = musculus biceps,
y = m. brachialis internus,
tr = m. triceps,
m, m' = sternocleidomastoideus,
s = sinew of the pectoralis major.

Figure 3.

Upper termination of the upper-arm muscles.

- c* = fragment of the clavicle,
pc = coracoid extension of the shoulder-blade (*Processus coracoideus*),
tm = great tubercle of the head of the humerus (*Tuberculum majus*),
cl = longhead (*Caput longum*) of the two headed arm muscle,
cb = short head (*Caput breve*) of the two headed arm muscle,
r = m. coraco-brachialis.

Figure 4.

Second layer of the upper-arm muscles (front).

- o* = upper arm bone,
y = m. brachialis internus,
r = lower section of the coracoid muscle,
ci = inside tubercle of the humerus,
tu = roughness of the ulna. Insertion point of the inner arm muscle.

Figure 5.

Muscles of the rear portion of the upper-arm.

- tr* = the triceps of the upper-arm,
cl = the long head (*Caput longum*),
ce = the exterior head (*Caput externum*),
ci = the interior head (*Caput internum*),
o = coracoid extension of the ulna (*Olecranon*),
h = internal tubercle of the upper-arm (*Condylus internus*),
t = little tubercle (*Tuberculum minus*) of the humerus,
pc = coracoid extension of the shoulder-blade,
s = m. subscapularis.

Tafel III. — Picture III.

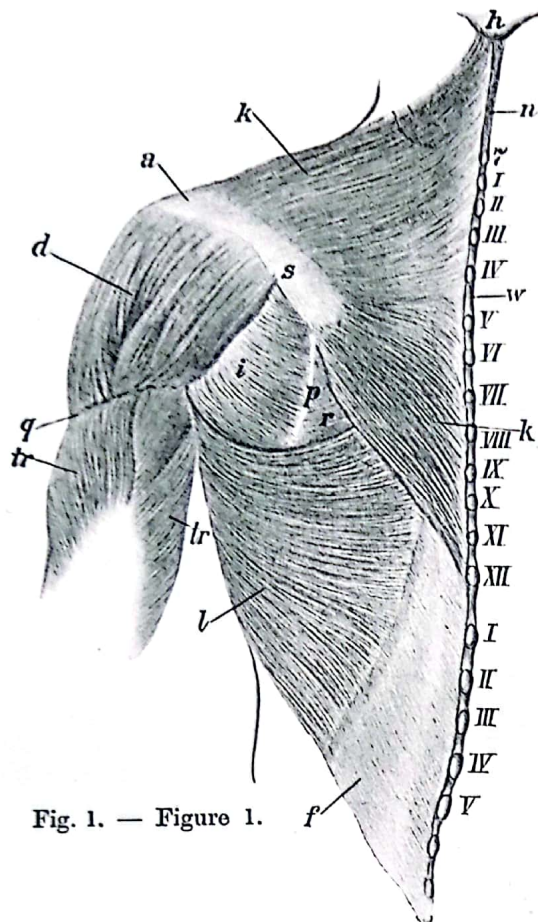


Fig. 1. — Figure 1.

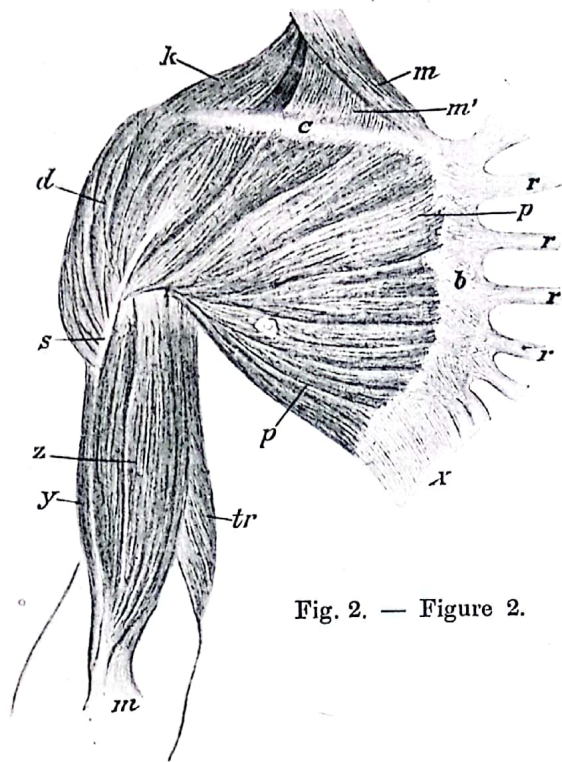


Fig. 2. — Figure 2.

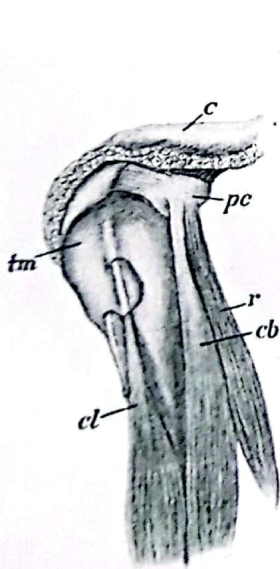


Fig. 3. — Figure 3.

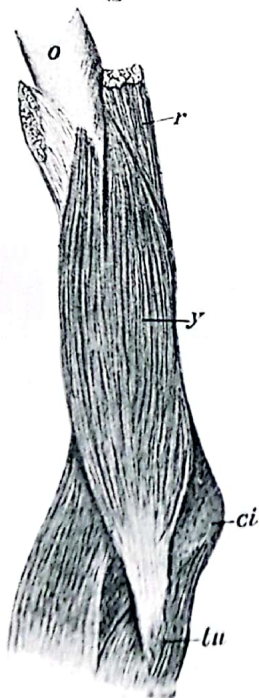


Fig. 4. — Figure 4.

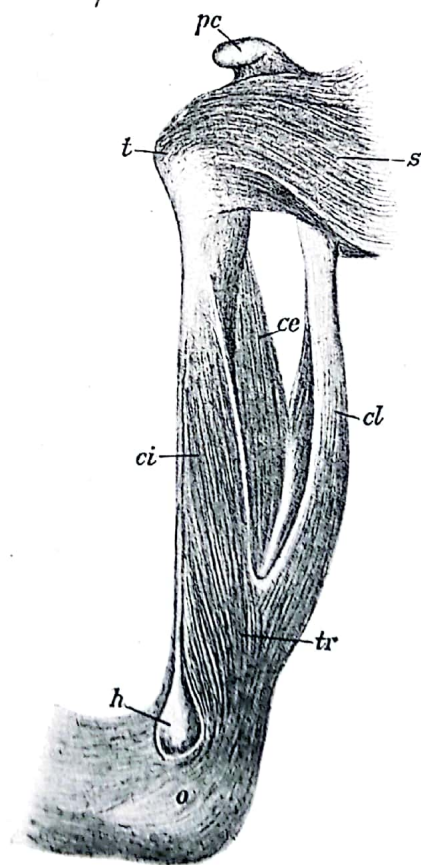


Fig. 5. — Figure 5.

Tafel IV.

Fig. 1. Muskeln der Schulter (Hinterfläche).

- p* = Obergrätenmuskel (*M. supraspinatus*),
s = Schultergräte (*Spina scapulae*),
q = Untergrätenmuskel (*M. infraspinatus*),
r = der kleine runde Armmuskel (*M. teres minor*),
y = der große runde Armmuskel (*M. teres major*),
tm = der größere Höcker (*Tuberculum majus*) des Oberarmkopfes,
o = Oberarmknochen.

Fig. 2. Oberflächliche Muskeln der Vorderseite (der Hohlhand entsprechend) des Unterarms.

Erste Schichte.

- p* = der runde Einwärtsdreher (*Pronator teres*),
r = der innere Speichenmuskel (*M. radialis internus*),
h = der lange Hohlhandmuskel (*M. palmaris longus*),
u = der innere Ellbogenmuskel (*M. ulnaris internus*),
s = der lange Auswärtsdreher (*M. supinator longus*).

Zweite Schichte.

- f* = der hochliegende Fingerbeuger (*M. flexor digitorum sublimis*).

Weitere Erklärungen der Bezeichnung in Fig. 2.

- b* = unteres Ende des zweiköpfigen Oberarmmuskels,
i = unteres Ende des inneren Oberarmmuskels,
q = Querband an der Hohlhandseite der Handwurzelknochen,
d = Muskeln des Daumenballens,
k = der kurze Hohlhandmuskel (*M. palmaris brevis*),
a = der Zuzieher des Daumens (*M. adductor pollicis*),
l = Spulwurmmuskeln (*M. lumbricales*),
m = Abzieher des kleinen Fingers (*Abductor digiti quinti*),
1 = Sehne des oberflächlichen (durchbohrten) Fingerbeugers,
2 = Sehne des tiefen (durchbohrten) Fingerbeugers.

Fig. 3. Tiefe Muskeln der Vorderseite des Unterarms.

Dritte Schichte.

- f* = der tiefliegende Fingerbeuger (*M. flexor digitorum communis perforans* oder *profundus*),
d = der lange Beuger des Daumens (*M. flexor pollicis longus*),
p = der viereckige Einwärtsdreher (*M. pronator quadratus*).

Ergänzende Erklärungen der Bezeichnungen.

- o* = unteres Ende des Oberarms,
ce = äußerer Höcker des Oberarms,
ci = innerer Höcker des Oberarms,
k = Köpfchen der Speiche,
li = Zwischenknochenband (*Ligamentum interosseum*),
r = Griffelfortsatz der Speiche,
g = Griffelfortsatz der Elle,
a = der Zuzieher des Daumens (*M. adductor pollicis*),
i = Zwischenknochenmuskeln der Hohlhand,
s = die Sehnen des tiefen Beugers.

Fig. 4. Muskeln der Speichen- und Rückseite des Unterarms, oberflächliche Schichte.

- s* = der lange Auswärtsdreher (*M. supinator longus*),
r = der lange äußere Speichenmuskel (*M. radialis externus longus*),
b = der kurze äußere Speichenmuskel (*M. radialis externus brevis*),
al = der lange Abzieher des Daumens (*M. abductor pollicis longus*),
p = der kurze Strecker des Daumens (*M. extensor pollicis brevis*),
pl = Sehne des langen Streckers des Daumens,
u = der äußere Ellbogenmuskel (*M. ulnaris externus*),
ec = der gemeinschaftliche Fingerstrecker (*M. extensor digitorum communis*),
em = der eigene Strecker des kleinen Fingers (*M. extensor digiti minimi*),
t = unterstes Ende (und Ansatzstelle) des dreiköpfigen Streckmuskels des Oberarms,
o = Hakenfortsatz der Elle (*Olecranon*),
a = der kleine Ellenbogenmuskel (*M. anconaeus quartus* oder *parvus*).

Picture IV.

Figure 1. Muscles of the shoulder (backsurface).

- p* = *m. supraspinatus*,
s = spine of the scapula (*Spina scapulae*),
q = *m. infraspinatus*,
r = the little round muscle of the arm (*M. teres minor*),
y = the great round muscle of the arm (*M. teres major*),
tm = the bigger tubercle (*Tuberculum majus*) of the humerus,
o = upper-arm bone.

Figure 2. Superficial muscles of the front of the forearm (corresponding to the palm).

First layer.

- p* = the round pronator muscle (*Pronator teres*),
r = the internal radial muscle (*M. radialis internus*),
h = the long palmar muscle (*M. palmaris longus*),
u = the internal elbow muscle (*M. ulnaris internus*),
s = the long supinator (*M. supinator longus*).

Second layer.

- f* = flexor digitorum sublimis.

Further explanations of the denotations in figure 2.

- b* = lower end of the two headed upper-arm muscle,
i = lower end of the two headed upper-arm muscle,
q = transverse ligament at the palmar side of the carpal bone,
d = muscles of the thenar,
k = the short palmar muscle,
a = *m. abductor pollicis*,
l = *m. lumbricales*,
m = abductor of the little finger (*Abductor digiti quinti*),
1 = sinew of the superficial (pierced) flexor digitorum,
2 = sinew of the deep (piercing) flexor digitorum.

Figure 3. Deep muscles of the front side of the forearm.

Third layer.

- f* = the deep flexor digitorum (*M. flexor digitorum communis profundus*),
d = the long flexor of the thumb (*M. flexor pollicis longus*),
p = *m. pronator quadratus*.

Complementary explanations of the denotations.

- o* = lower end of the upper-arm,
ce = outer tubercle the the upper-arm,
ci = internal tubercle the upper-arm,
k = capitulum of the radius,
li = interosseous ligament (*ligamentum interosseum*),
r = styloid extension of the radius,
g = styloid extension of the ulna,
a = *m. abductor pollicis*,
i = wurmian bone muscles of the palm,
s = the sinews of the deep flexor muscle.

Figure 4. Muscles of the radial and reserve sides of the forearm, superficial layer.

- s* = *m. supinator longus*,
r = *m. radialis externus longus*,

- b* = *m. radialis externus brevis*,

- al* = the long abductor of the thumb (*M. abductor pollicis longus*),

- p* = *m. extensor pollicis brevis*,

- pl* =
u = the outer elbow muscle (*M. ulnaris externus*),
ec = *m. extensor digitorum communis*,

- em* = *m. extensor digitorum minimi*,

- t* = lowest end (and insertion point) of the 3 headed flexor m. of the upper-arm,

- o* = coracoid process of the ulna (*olecranon*),

- a* = the little elbow muscle (*M. anconaeus quartus* or *parvus*).

Tafel IV. — Picture IV.

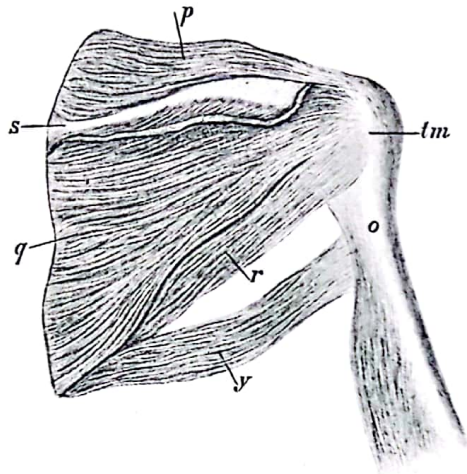


Fig. 1. — Figure 1.

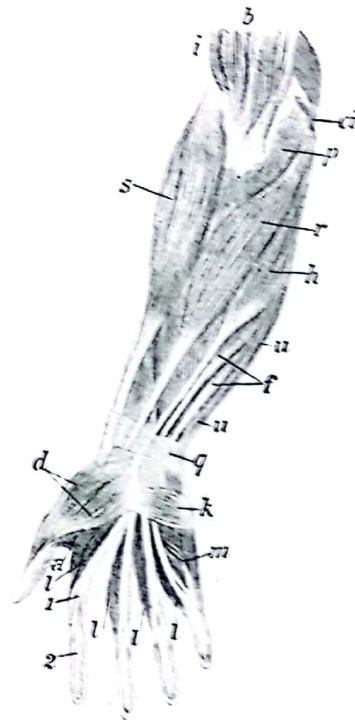


Fig. 2. — Figure 2.

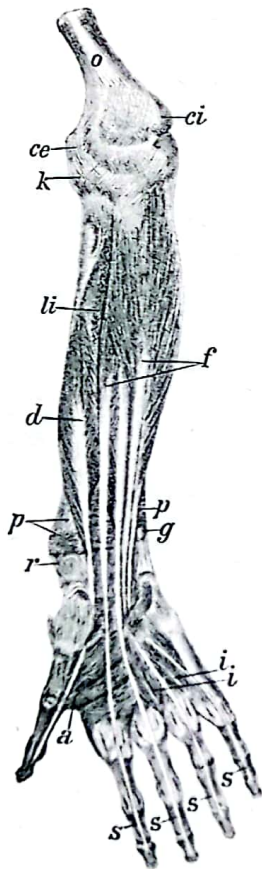


Fig. 3. — Figure 3.

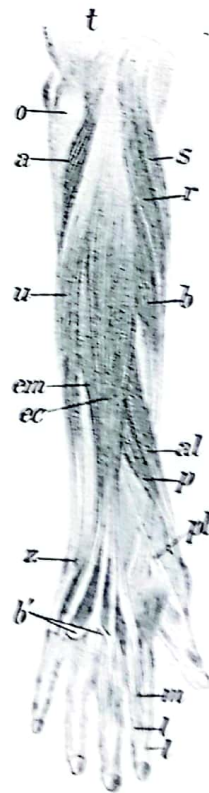


Fig. 4. — Figure 4.

Tafel V.

Fig. 1.

Muskeln der Rückseite des Unterarms, tiefe Schichte.

- s* = der kurze Auswärtsdreher (*M. supinator brevis*),
ad = der lange Abzieher des Daumens (*M. abductor pollicis longus*),
eb = der kurze Strecker des Daumens (*M. extensor pollicis brevis*),
el = der lange Strecker des Daumens (*M. extensor pollicis longus*),
i = der eigene Strecker des Daumens (*M. indicator*),
o = Hakenfortsatz der Elle (*Olecranon*),
u = Elle (*Ulna*),
a = der kleine Ellenbogenmuskel (*M. anconaeus parvus*),
rb = Sehne des kurzen Speichermuskels,
rl = Sehne des langen Speichermuskels,
2, 3, 4, 5 = die Mittelhandknochen,
1 = erstes Fingerglied des Daumens.

Fig. 2.

Die Muskeln der Hand (Hohlhandseite).

- | | |
|--|---|
| <p> <i>o</i> = der Gegensteller des Daumens (<i>M. opponens pollicis</i>),
 <i>a</i> = der kurze Abzieher des Daumens (<i>M. abductor pollicis brevis</i>),
 <i>f</i> = der kurze Beuger des Daumens (<i>M. flexor pollicis brevis</i>),
 <i>ad</i> = der Zuzieher des Daumens (<i>M. adductor pollicis</i>),
 <i>am</i> = Abzieher des kleinen Fingers (<i>M. abductor digiti minimi</i>),
 <i>fm</i> = der kurze Beuger des kleinen Fingers (<i>M. flexor brevis digiti minimi</i>),
 <i>om</i> = der Gegensteller des kleinen Fingers (<i>M. opponens digiti minimi</i>),
 <i>l₁, l₂, l₃, l₄</i> = die vier Spulwurmmuskeln (<i>Musculi lumbricales</i>),
 <i>s</i> = die Sehne des langen Daumenbeugers,
 <i>y</i> = die Sehne des oberflächlichen Fingerbeugers,
 <i>z</i> = Sehne des tiefen Fingerbeugers,
 <i>L</i> = das Querband (<i>Ligamentum carpi transversum</i>). </p> | <p> Muskeln
des
Daumen-
ballens,

 Muskeln
des
Kleinfinger-
ballens, </p> |
|--|---|

Fig. 3.

Muskeln an der Hohlhandseite.

- p* = der viereckige Einwärtsdreher des Unterarms (*M. pronator quadratus*),
o = der Gegensteller des Daumens (*M. opponens pollicis*),
a = der kurze Abzieher des Daumens, abgeschnitten und zurückgeschlagen,
fb_s und *fb_p* = die beiden Köpfe (der oberflächliche und der tiefe) des kurzen Beugers des Daumens,
ad = der Zuzieher des Daumens, abgeschnitten,
am = der Abzieher des kleinen Fingers,
om = der Gegensteller des kleinen Fingers,
fm = der kurze Beuger des kleinen Fingers (unteres Ansatzende abgeschnitten),
i₁, i₂, i₃ = die inneren Zwischenknochenmuskeln (erster, zweiter und dritter) (*M. interossei int.*),
v = bindegewebige Scheiden zur Aufnahme der Muskelsehnen.

Fig. 4.

Muskeln des Handrückens.

- ie₁, ie₂, ie₃, ie₄* = die äußeren Zwischenknochenmuskeln (*M. interossei externi*), erster, zweiter, dritter, vierter,
reb = Sehne des kurzen Speichermuskels,
rel = Sehne des langen Speichermuskels,
epl = Sehne des langen Daumenstreckers,
epb = Sehne des kurzen Daumenstreckers,
s = Sehnen des gemeinschaftlichen Fingerstreckers,
s' = Sehne des Streckers des kleinen Fingers.

Picture V.

Figure 1.

Muscles of the back of the fore-arm, deep layer.

- s* = m. supinator brevis,
ad = the long abductor of the thumb (*M. abductor pollicis longus*),
eb = m. extensor pollicis brevis,
el = m. extensor pollicis longus,
i = m. indicator,
o = caracoid extension of the ulna (*Olecranon*),
u = ulna,
a = the little elbow muscle (*M. anconaeus parvus*),
rb = sinew of the short radial muscle,
rl = sinew of the long radial muscle,
2, 3, 4, 5 = the metacarpal bones,
1 = first phalanx of the thumb.

Figure 2.

The muscles of the hand (palmar side).

- | | |
|--|---|
| <p> <i>o</i> = m. opponens pollicis.
 <i>a</i> = m. abductor pollicis brevis,
 <i>f</i> = m. flexor pollicis brevis,
 <i>ad</i> = m. adductor pollicis,
 <i>am</i> = abductor of the little finger (<i>M. abductor digiti minimi</i>),
 <i>fm</i> = the short flexor M. of the little finger (<i>M. flexor brevis digiti minimi</i>),
 <i>om</i> = m. opponens digiti minimi. </p> | <p> Muscles of
the
thenar

 Muscles of
the
anti thenar </p> |
|--|---|
- l₁, l₂, l₃, l₄* = the 4 musculi lumbricales,
s = the sinew of the long flexor pollicis,
y = the sinew of the flexor digitorum,
z = sinew of the deep flexor digitorum,
L = the transverse ligament (*Ligamentum carpi transversum*),

Figure 3.

Muscles at the palmar side.

- p* = m. pronator quadratus,
o = m. opponens pollicis,
a = the short abductor of the thumb cut off and turned back,
fb_s and *fb_p* = the two capitulums (lower inserting point cut off),
ad = the abductor of the thumb cut off,
am = the abductor of the little finger,
om = m. opponens of the little finger,
fm = m. flexor of the little finger (lower insertion point cut off),
i₁, i₂, i₃ = the inner wormian bone muscles (first, second and third),
v = connective tissue sheath for the reception of the muscular fibres.

Figure 4.

Muscles of the back of the hand.

- ie₁, ie₂, ie₃, ie₄* = the outer wormian bone muscles (*M. interossei externi*, first, second, third and fourth),
reb = sinew of the short radial muscle,
rel = sinew of the long radial muscle,
epl = sinew of the long extensor of the thumb,
epb = sinew of the short extensor of the thumb,
s = sinews of the joint extensor of the thumb,
s' = sinew of the extensor of the little finger.

Tafel V. — Picture V.

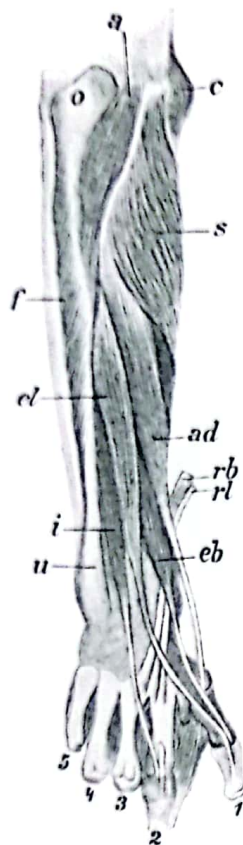


Fig. 1. — Figure 1.

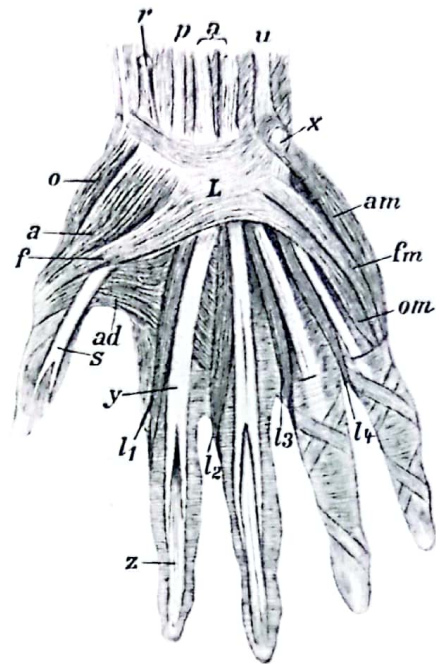


Fig. 2. — Figure 2.



Fig. 3. — Figure 3.

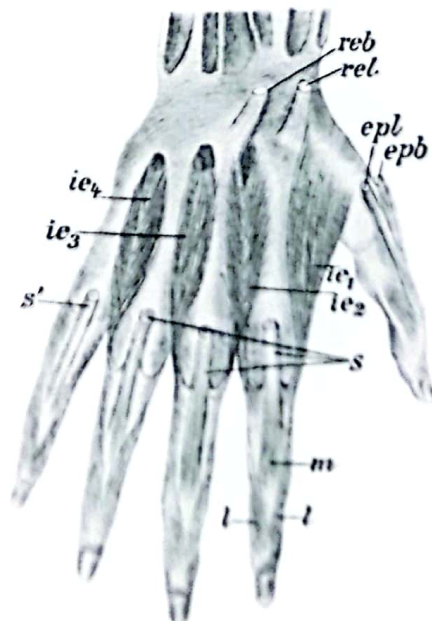


Fig. 4. — Figure 4.

Tafel VI.

Fig. 1.

Linke Hirnhemisphäre an der Außenseite.

- $\mathcal{A}$ = erste } Stirnwindung, } oben
- $\mathcal{B}$ = zweite } } } } } mittlere
- $\mathcal{C}$ = dritte } } } } } unten
- $\mathcal{C}^1$ = vordere Seithalbwindung.
- $\mathcal{C}^2$ = hintere Seithalbwindung.
- $\mathcal{C}^3$ = Seithalbwunde.
- $\mathcal{A}$ = oben } Scheitelschwundung oder Lappen.
- $\mathcal{B}$ = unten } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = oben } Hinterhauptswindung.
- $\mathcal{C}^1$ = mittlere } } } } } unten
- $\mathcal{C}^2$ = unten } } } } } unten
- $\mathcal{A}$ = oberer } Schlaf-lappen.
- $\mathcal{B}$ = mittlerer } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = unterer } } } } } unten
- $\mathcal{C}^1$ = Schläfische Furche.
- $\mathcal{A}$ = Kleinhirn.
- $\mathcal{M}$ = verlängertes Mark.

Fig. 2.

Rechte Hirnhemisphäre an der medialen Seite.

- $\mathcal{A}$ = oben } Stirnwindung.
- $\mathcal{B}$ = mittlere } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = unten } } } } } unten
- $\mathcal{C}^1$ = Parasentallappen.
- $\mathcal{C}^2$ = oberes Ende der Seithalbwunde.
- $\mathcal{C}^3$ = Gehirnhalbwunde (*gyrus paracentralis*).
- $\mathcal{B}$ = Balken.
- $\mathcal{C}^1$ = medialer Teil des Scheitellappens (*Precentralis*).
- $\mathcal{B}$ = Hinterhauptsfurche.
- $\mathcal{C}$ = mediale Fläche des Hinterhauptlappens (*Occipitalis*, Zwickel).
- $\mathcal{C}^1$ = Spindel-lappen.
- $\mathcal{C}^2$ = Zungen-lappen.
- $\mathcal{C}^3$ = mediale Fläche des Schläf-lappens.
- $\mathcal{C}^4$ = Haken (*Uncus*).

Fig. 3. Querschnitt durch das Rückenmark.

- f = vordere Längsfurche.
- h = hintere Längsfurche.
- h = Hinterstrang.
- s = Seitenstrang.
- v = Vorderstrang.
- s = Hinterhorn.
- v = Vorderhorn.
- r = hintere Wurzel.
- v = vordere Wurzel.
- v = Commissur.

Fig. 4. Fragment des Rückenmarks.

- g = der graue Kern mit Vorder- und Hinterhorn.
- v = Vorderstrang.
- s = Seitenstrang.
- p = Hinterstrang.
- v = vordere Wurzel.
- h = hintere Wurzel.
- g = Ganglion.
- f = vordere Zweig.
- z = hintere Zweig.
- q = verbindende Seilstränge zwischen den vorderen Zweigen.
- q_1 = verbindende Seilstränge zwischen den hinteren Zweigen.

Figure VI.

Figure 1.

Left brain hemisphere on the outer surface.

- $\mathcal{A}$ = first } Frontal curve } superior
- $\mathcal{B}$ = second } } } } } middle
- $\mathcal{C}$ = third } } } } } inferior
- $\mathcal{C}^1$ = front central curve.
- $\mathcal{C}^2$ = rear central curve.
- $\mathcal{C}^3$ = Central furrow.
- $\mathcal{A}$ = upper } Parting curve or flap.
- $\mathcal{B}$ = lower } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = upper } Rear skull curve.
- $\mathcal{C}^1$ = middle } } } } } unten
- $\mathcal{C}^2$ = lower } } } } } unten
- $\mathcal{A}$ = upper } Temporal flap.
- $\mathcal{B}$ = middle } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = lower } } } } } unten
- $\mathcal{C}^1$ = Sylvian furrow.
- $\mathcal{A}$ = Small brain.
- $\mathcal{M}$ = Prolonged Marrow.

Figure 2.

Right brain hemisphere on the medial side.

- $\mathcal{A}$ = upper } Frontal curve.
- $\mathcal{B}$ = middle } } } } } unten
- $\mathcal{C}$ = lower } } } } } unten
- $\mathcal{C}^1$ = Parasentral flap.
- $\mathcal{C}^2$ = Upper end of the central furrow.
- $\mathcal{C}^3$ = Vault curve (*gyrus paracentralis*).
- $\mathcal{B}$ = Supercerebrum.
- $\mathcal{C}^1$ = Medial Part of the Parting flap (*Precentralis*).
- $\mathcal{B}$ = Rear skull furrow.
- $\mathcal{C}$ = Medial plane of the rear skull flap (*Occipitalis*, Quicquid).
- $\mathcal{C}^1$ = Spindal flap.
- $\mathcal{C}^2$ = Tongue flap.
- $\mathcal{C}^3$ = Medial surface of the Temporal flap.
- $\mathcal{C}^4$ = Hook (*Uncus*).

Figure 3. Cross Section of the Spinal Cord.

- f = front length furrow.
- h = rear length furrow.
- h = Rear cord.
- s = lateral cord.
- v = Front cord.
- s = Rear horn.
- v = Front horn.
- r = Rear root.
- v = front root.
- v = Commissure.

Figure 4. Fragment of the Spinal Cord.

- g = the grey kernel with front and rear horns.
- v = Front cord.
- s = side cord.
- p = rear cord.
- v = front root.
- h = rear root.
- g = ganglion.
- f = front branch.
- z = rear branch.
- q = connecting loops between the front branches.
- q_1 = connecting loops between the rear branches.

Tafel VI. — Picture VI.

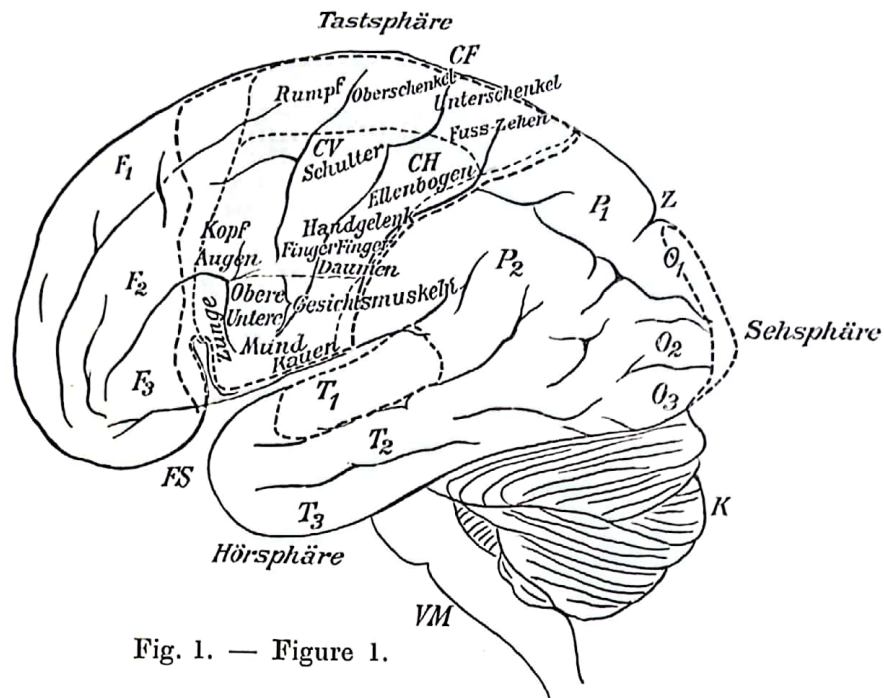


Fig. 1. — Figure 1.

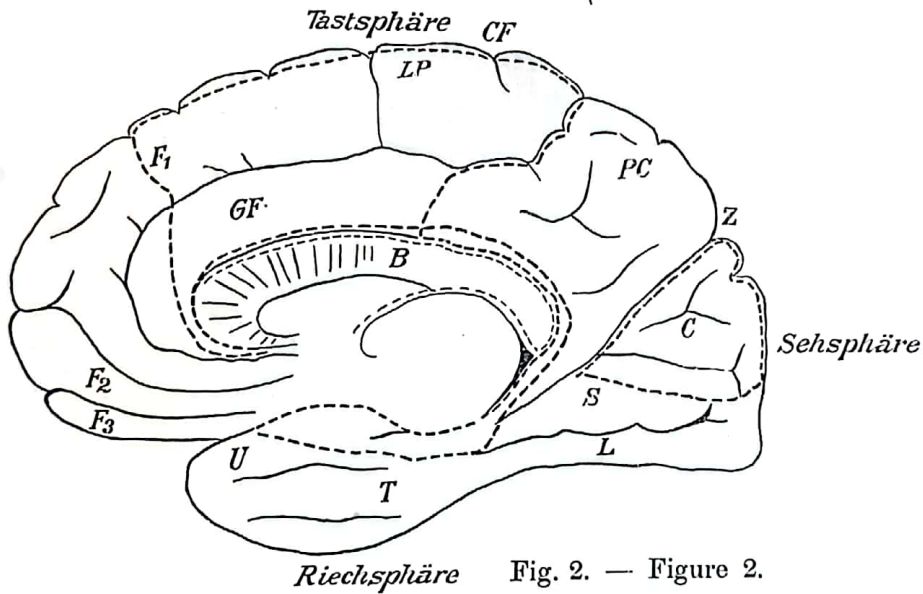


Fig. 2. — Figure 2.

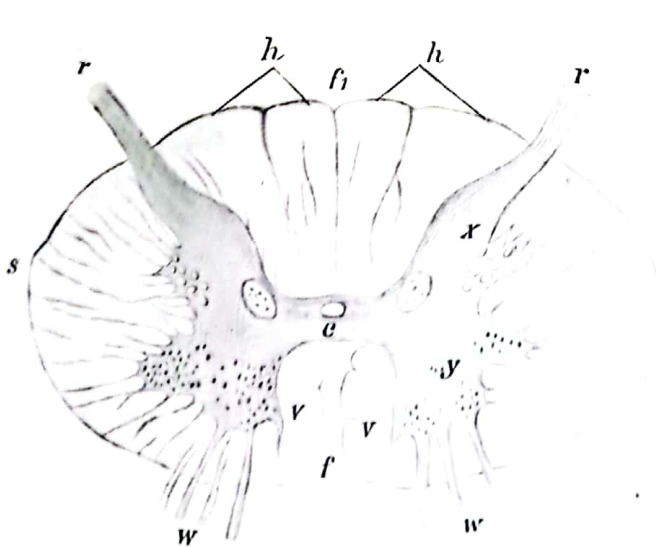


Fig. 3. — Figure 3.

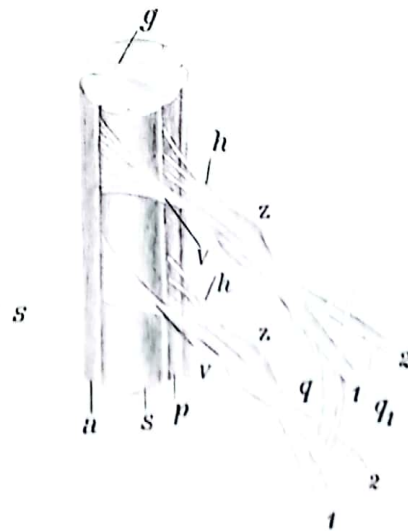


Fig. 4. — Figure 4.

Knochenlehre.

Schultergerüst.

Fig. 1 auf Taf. I zeigt uns das Schulterblatt, wie es am Rumpfskelett angebracht ist, wo es durch Muskeln und Bänder derart befestigt ist, daß es die ihm zukommenden Exkursionen leicht auszuführen vermag. Durch das Schlüsselbein (c) ist es mit dem Rumpfe gelenkig verbunden.

Schulterblatt.

Fig. 2 auf Taf. I stellt das linke Schulterblatt (*scapula*) von vorn gesehen — wie in Fig. 1 angebracht — dar. Die vordere Fläche liegt den Rippen an der hinteren Brustfläche auf. Der obere Rand (o) endet nach außen hin, oder gegen den äußeren Rand zu, mit einem Einschnitt (e). Der innere Rand (i) ist der Wirbelsäule (w) zugewendet, und der äußere Rand (a) trägt die Gelenkpfanne (p) für den Oberarmkopf. Zwischen der Gelenkgrube (p) und dem übrigen Knochen verläuft eine Furche (h), die Hals (*collum*) genannt wird. Ferner besitzt das Schulterblatt zwei Fortsätze, u. zw. den Rabenschnabelfortsatz (r), der zwischen Einschnitt (e) und Gelenkpfanne (p) entspringt und sich nach außen und vorn über dieselbe wegbiegt, und die Grätenecke oder Schulterhöhe, *acromion* (s), deren Entstehung auf Taf. I, Fig. 3 ersichtlich ist.

Fig. 3 zeigt uns das linke Schulterblatt an seiner hinteren Fläche. Letztere ist durch eine stark vorspringende Leiste, die Schultergräte, in die Unter- und Obergrätengrube geteilt. Die Schultergräte (l) verlängert sich in die breite, über die Gelenkfläche vorragende Schulterhöhe (s), welche die Gelenkfläche für das

Schlüsselbein

trägt. Letzteres (c, Fig. 1), ein leicht S-förmig geschwungener Knochen, verbindet gelenkig das Brustbein bei sc (Fig. 1) mit dem Schulterblatt an der Grätenecke bei g (Fig. 1 und 2). Nachdem wir uns anatomisch mit dem Schulterblatte vertraut gemacht haben, gehen wir zu den übrigen, für uns in Betracht kommenden Skeletteilen über: Oberarm, Vorderarm und Hand nebst den hier vorkommenden Gelenken. Wir wenden uns also der Besprechung aller auf Taf. II befindlichen Figuren zu.

Discourse on bones.

Frame of the shoulder.

Figure 1 on picture I shows us the shoulderblade, how it is attached to the skeleton of the trunk, and where it is fastened through muscles and ligaments in such a way, that it can execute easily the movements requisite. It is flexibly connected with the trunk by the clavicle.

Shoulderblade.

Figure 2 on picture I shows the left shoulderblade (*scapula*) seen from the front, applied as in figure 1. The front surface lies on the ribs on the rear surface of the breast. The upper edge (o) ends outwardly or towards the outer edge with an incision (e). The inner edge (i) lies towards the spine and the outer edge (a) supports the articular cavity for the head of the humerus. A furrow (h) called neck (*collum*) subsides between the articular fossa (p) and the remaining bone. Further the shoulderblade possesses two extensions, the caracoid extension (r), which arises between the incision (e) and the articular cavity (p) and which bends away towards the outside and to the front over this and the acromion extension or spine (s), whose origin may be visible on picture I, figure 3. Figure 3 shows us the left shoulderblade at its hind surface. The latter is divided through a very prominent ledge, the spine of the scapula, into the lower and upper bone cavity. The spine of the scapula (l) extends to the broad acromion extension (s) projecting over the articular surface, which carries the articular surface for the

Clavicle.

The latter (c fig. 1), a bone formed like a faint S, joins flexibly the breast-bone at sc. (fig. 1) with the shoulderblade on the spine at g (fig. 2). After becoming anatomically familiar with the shoulderblade, we will pass over to the other parts of the skeleton, which are of interest for us: upper-arm, fore-arm and hand, together with their comprised joints. We turn now to the discussion of all the figures on picture II.

Oberarmknochen.

Auf Tafel II finden wir Oberarm-, Vorderarm- und Handskelett mit den dazugehörigen Gelenken dargestellt. Betrachten wir zunächst den Oberarm (*Humerus*, Fig. 1 und 2 auf Taf. II), so sehen wir, daß sein oberes Ende einen kugeligen, sein unteres Ende einen querliegenden, vornehmlich zylindrischen Gelenkkopf trägt. Dementsprechend erscheint der obere Anteil des Oberarms zylindrisch, der untere Teil abgeplattet. Der obere kugelige Gelenkkopf (*Caput humeri*, Taf. II, Fig. 1 und 2, *c*) ist ringsum von einer Einschnürung (*h*, Hals, *collum*) umgeben. Lassen wir den Arm herabhängen, daß der Handrücken nach außen, der Handteller nach innen — dem Rumpf zugewendet — der Daumen nach vorn und der kleine Finger nach hinten (mit Beziehung auf den Rumpf) gerichtet ist, so stellt die dem Rumpf zugewendete Seite des Oberarms „vorn“, die vom Rumpf abgewendete Seite „hinten“ vor. Zunächst dem Kopf und von ihm durch die furchenartige Einschnürung (*h*, Hals, *collum*) geschieden, befinden sich zwei rauhe Höcker, von denen der größere (*tmj*, *tuberculum majus*) mehr nach hinten und auswärts, der kleinere (*tm*, *tuberculum minus*), Fig. 2, nach vorn gerichtet ist. Von beiden Höckern ziehen rauhe Leisten (Fig. 2, *sp* u. *sp'*, *spina tuberculi majoris et minoris*) nach abwärts, welche die zwischen beiden Höckern vorne nach unten verlaufende Längsfurche (*Sulcus intertubercularis*, Fig. 2, *si*) begrenzen. Der untere Gelenkkörper besteht aus zwei Teilen, der Rolle (*Trochlea*), welche mit der Elle (*Ulna*), und dem Köpfchen (*capitulum*), welches mit der Speiche (*Radius*) gelenkig verbunden ist (Fig. 2, *tr* und *q*). Das Mittelstück des Oberarmbeins geht nach unten beiderseits mit vorspringenden Leisten in Höckerchen über (Fig. 1 und 2, *el*, *em*, *Epicondylus medialis* und *lateralis*). Fig. 5 zeigt die Verbindung zwischen Ober- und Unterarm.

Unterarmknochen, Taf. II, Fig. 3.

Die beiden schlanken Knochen, Elle und Speiche, welche sich an ihren Enden berühren, schließen einen länglichen Raum ein (Zwischenknochenraum, *Spatium interosseum*), der von einem bindegewebigen Band (Zwischenknochenband) ausgefüllt wird. Das Ellbogenbein (*Ulna*), an der Kleinfingerseite des Vorderarms liegend, trägt am oberen dicken Ende den halbkreisförmigen Ausschnitt (*Fossa sigmoidea*, Taf. II, Fig. 3 und 4, *fs*), welcher die Rolle (*Trochlea*, Fig. 2 und 5, *tr*) umgreift und von zwei Fortsätzen begrenzt wird. Der hintere größere heißt Hakenfortsatz (*Olecranon*, *o*, Fig. 3 und 4), der vordere kleinere Kronenfortsatz (*Processus coronoideus*, Fig. 3, 4 und 5, *pc*). An der der Speiche (*Radius*) zugekehrten Seite des Kronen-

Bones of the upper-arm.

We find on picture II, upper-arm, fore-arm and hand-skeletons represented with the joints belonging to them. If we look firstly on the upper-arm (*humerus*), fig. 1 and 2 on picture II, we see, that its upper end carries a globular, its lower end a transversally resting cylindrical capitulum. Consequently the upper part of the upper-arm appears cylindrical, the lower part flattened. The upper globular condyle (*caput humeri* Picture II fig. 1 and 2 *c*) is surrounded with a constriction (*h*, neck *collum*). Let us suspend the arm, so that the back of the hand is turned outwards, the palm of the hand inwards — directed towards the trunk — the thumb towards the front and the little finger towards the back (in reference to the trunk), then the side turned towards the trunk of the upper-arm represents “front”, the side turned from the trunk “back”. Next to the head and separated from it through the constriction like furrows (*h*, neck, *collum*), there are two rough tubercles, the bigger of them (*tmj*, *tuberculum majus*) is directed more backwards and outwards, the smaller (*tm*, *tuberculum minus*) fig. 2 towards the front. Rough ledges from both tubercles move downwards (fig. 2, *sp* *uf*, *sp*, *spina tuberculi majoris et minoris*), and terminate the longitudinal furrow (*sulcus intertubercularis* fig. 2 *si*), which terminates between the two tubercles in front downwards. The lower jointed body consists of two parts, the roller (*trochlea*) connected with the ulna, and the capitulum connected flexibly with the radius (fig. 2 *tr* and *g*). The centre piece of the humerus ends downwards on both sides in projecting ledges in tubercles (fig. 1 and 2, *e* 1, *em*, *Epicondylus medialis* and *lateralis*). Figure 5 shows the junction between upper- and fore-arm.

Bones of the fore-arm, picture II, fig. 3.

The two slender bones, ulna and radius, which touch each other at their extremities, enclose a longish space (intersticio, *spatium interosseum*) which is filled up with a ligament of connective tissue. The ulna, resting on the ulnar margin of the fore-arm, carries on the upper thick end the semicircular incision (*fossa sigmoidea*, picture II, fig. 3 and 4; *fs*), which clasps about the roller (*trochlea*, fig. 2 and 5, *tr*) and is bounded by two extensions. The bigger one at the back is called coracoid process (*olecranon*, *o* Fig. 3 and 4), the smaller one in front coronoid extension (*processus coronoideus*, fig. 3. 4 und 5 *pc*). On the side of the coronoid extension turned towards the radius is the small articular surface for the capitulum of the radius (*sinus lunatus*,

fortsatzes befindet sich die kleine Gelenkfläche für das Köpfchen der Speiche (*sinus lunatus, sl*, Fig. 3 und 4). Unter dem Kronenfortsatz befindet sich die Rauigkeit (*Tuberositas, t'*, Fig. 3 und 4), wo eine starke Muskelsehne sich ansetzt. Das untere Ende der Elle, Köpfchen (*capitulum, cu*, Fig. 3) ist ein Gelenkkopf mit kreisrunder, schwach eingedrückter Endfläche. An seiner Kleinfingerseite schließt sich der Griffelfortsatz (*Processus styloideus, pu*, Fig. 3) an.

Speiche.

Die Speiche oder Armspindel (*Radius*) trägt am oberen Ende das Köpfchen (*capitulum, cp*, Fig. 3), das eine kreisrunde Scheibe darstellt, die auf einem dünneren Hals (*h*, Fig. 3) sitzt und mit dem kugelförmigen Köpfchen (*q*, Fig. 2 und 5) des unteren Oberarmendes artikuliert, d. h. gelenkig verbunden ist. Der Hals begrenzt sich nach unten mit einer Rauigkeit (*Tuberositas, t*, Fig. 3), an die sich ein kräftiger Muskel ansetzt. Gegen das untere Ende verdickt sich die Speiche und schließt mit einer dreieckigen Endfläche. An dem der Elle zugewendeten unteren Ende besitzt die Speiche eine kleine Gelenkfläche zur Aufnahme des Köpfchens der Elle (*z*, Fig. 3), an welcher die Speiche hier drehende Bewegungen ausführt. An der Daumenseite befindet sich der Griffelfortsatz (*Processus styloideus, pr*, Fig. 3).

Das Skelett der Hand.

Taf. II, Fig. 8 und 9.

Handwurzelknochen (*Hw*).

Diese sind unregelmäßig gestaltet und in zwei Querreihen von je vier Knochen angeordnet. Die obere, erste, dem Vorderarm zunächst liegende Reihe bildet einen Bogen, mit dessen Konvexität sie sich an die Unterarmknochen anschließt (Fig. 8, *G*). In der ersten Reihe liegen vom Daumen zum Kleinfingerrand: das Kahnbein (*S*), das Mondbein (*L*), das Pyramidenbein (*Py*), das Erbsenbein (*pis*), welches nur in Fig. 8 dargestellt erscheint, da es auf der Volarfläche (Hohlhand oder Handtellerseite) mit dem Pyramidenbein gelenkig verbunden ist. Die Knochen der unteren zweiten Reihe, vom Daumen zum Kleinfingerrand aufgezählt, sind: das Trapezbein (*Tr*), das Trapezoidbein (*Trz*), das Kopfbein (*C*) und das Hakenbein (*H*). Jeder dieser Knochen ist an der Rücken- und Hohlhandfläche (Volarfläche) rauh. Fig. 8 zeigt schematisch, daß die erste Knochenreihe durch obere Gelenkflächen mit den Unterarmknochen bei *G* gelenkig verbunden ist und durch untere Gelenkflächen mit der zweiten Handwurzelreihe *G'* artikuliert. Die zweite Handwurzelreihe steht durch ihre unteren Ge-

sl fig. 3 and 4). Under the coronoid extension is a roughness (*tuberositas, t'* fig. 3 and 4), where a strong sinew of muscles connects. The lower end of the ulna, capitulum (*cu* fig. 3) is a condyle with a circular, feebly impressed end surface. On its ulnar margin follows the styloid extension (*processus styloideus, pu* fig. 3).

Radius.

The radius carries on its upper end the *capitulum* (*cp*. fig. 3), which represents a circular disc, reposing on a thinner neck, (*h*, fig. 3) and articulates with the circular capitulum (*q*, fig. 2 and 5) of the lower end of the upper-arm, that is to say, it is flexibly connected. The neck terminates downwards with a roughness (*tuberositas, t*, fig. 3), on which a strong muscle joins. The radius thickens towards the lower end and finishes with a triangular surface. On the lower end directed towards the ulna the radius possesses a small articular surface for the reception of the capitulum of the ulna (*z*, fig. 3), where the radius executes turning movements. On the side of the thumb is the styloid extension (*processus styloideus, pr*, fig. 3).

The skeleton of the hand.

Picture II, fig. 8 and 9.

Carpal bones (*Hw*).

The carpal bones are formed irregularly and ordered in two crossrows of four bones at a time. The upper first row, lying next the fore-arm, makes a bow, with the convexity of which it joins itself to the bones of the fore-arm (fig. 8, *G*). In the first row rest, from the thumb to the ulnar margin, the scaphoid bone (*S*), the lunar bone (*L*), the pyramidal bone (*Py*), the pisiform bone (*pis*), which appears represented only in fig. 8, as it is connected on the volar surface (*vola manus*) flexibly with the pyramidal bone. The bones of the lower second row, enumerated from the thumb to the ulnar margin, are, the trapezium (*Tr.*), the trapezoid bone (*Trz*), the *os capitulum* (*c*) and the unciform bone (*H*). Each one of these bones is rough on the dorsal- and volar surface of the hand. Figure 8 shows by its scheme, that the first row of the bones is connected flexibly with the bone of the fore-arm at *G* through upper articular surfaces and articulates through lower articular surfaces with the second row of wrists at *G'*. The second row of wrists is through its lower articular surfaces in flexible connection with the meta-

lenkflächen mit den Mittelhandknochen bei G'' in gelenkiger Verbindung. Auch untereinander stehen die Handwurzelknochen in gelenkiger Verbindung, da sie sowohl daumen- als auch kleinfingerwärts einander überknorpelte Gelenkflächen zuwenden. In der zweiten Reihe (Fig. 8 und 9) trägt das Trapezbein die sattelförmige Gelenkfläche für den Mittelhandknochen des Daumens.

Mittelhandknochen (*Ossa metacarpi*).

Fig. 9, i , m , a , q .

Dieselben sind röhrenförmig gestaltet und tragen an ihrem verdickten oberen Ende, Basis genannt, Gelenkflächen zur Artikulation mit der zweiten Handwurzelreihe (Fig. 8, G'') und seitliche Anlagerungsflächen, den Mittelhandknochen des Daumens ausgenommen, zur gegenseitigen gelenkigen Verbindung (Fig. 8 bei s). Die Basis (oberes Ende) des Mittelhandknochens des Daumens hat keine Seitenflächen, sondern bloß eine sattelförmige Endfläche. Am unteren Ende tragen alle Mittelhandknochen Köpfchen mit seitlichen Grübchen (Fig. 9, bei z). Der Mittelhandknochen des Daumens ist der kürzeste, die anderen nehmen gegen den kleinen Finger stufenweise an Größe ab.

Fingerglieder, Phalangen (Fig. 9).

Wenn wir vom Daumen absehen, so unterscheiden wir an jedem der vier Finger eine Grundphalanx (erstes Glied, 1), Mittelphalanx (2) und Endphalanx (3). Nach oben hin gegen die Handwurzelknochen besitzen die Phalangen an ihrem Ende Gelenkgrübchen, an ihrem unteren Ende — gegen die Fingerspitzen — Rollen mit Doppelgrübchen beiderseits (bei z und v , Fig. 9). Die letzten Phalangen (3) sind an ihren unteren Enden plattgedrückt und mit rauhem Saum versehen. Die Phalangen des Mittelfingers sind die längsten.

Am Daumen fehlt die Mittelphalanx, und die zwei übrigen Phalangen zeichnen sich durch ihre Breite aus.

Gelenke.

Verbinden sich zwei Knochen derart miteinander, daß sich entweder beide gegeneinander bewegen können, oder nur der eine gegen den anderen, der fixiert erscheint, Bewegungen in zweckentsprechenden Exkursionsgrößen ausführen kann, so entsteht durch eine solche Verbindung ein Gelenk. Je nach Beschaffenheit der Knochenenden erlangen die Gelenke entsprechenden Charakter und entsprechende Benennung. Die Gelenke sind mit einer glatten, elastischen Gewebsschicht, Knorpel genannt, überzogen, die eine leichte gleitende Bewegung der Flächen gegeneinander

carpal bones at G'' . The carpal bones are also in flexible connection with each other, as they turn towards each other as well towards the thumb as towards the ulnar margin over cartilaginous articular surfaces. In the second row, fig. 8 and 9, the trapezium carries the articular surface in the form of a saddle for the metacarpal bone of the thumb.

Metacarpal bones (*ossa metacarpi*).

Fig. 9, i , m , a , q .

These are formed tubular and carry on their thickened upper end, called basis, articular surfaces for the articulation with the second row of wrists (Fig. 8, G'') and lateral appositary surfaces, excluding the metacarpal bone, for reciprocal flexible connection (fig. 8, ats). The basis (upper end) of the metacarpal bone of the thumb has no lateral surfaces, but only a final surface in the form of a saddle. All metacarpal bones carry on their lower end condyles with lateral fossettes (fig. 9, atz). The metacarpal bone of the thumb is the shortest, the others decrease gradually in size towards the thumb.

Phalanxes fig. 9.

If we disregard the thumb, we distinguish on each of the four fingers a first phalanx (first member, 1), middle phalanx (2) and end phalanx (3). Up to the carpal bones the phalanxes possess on their end glenoid cavities, on their lower end — towards the tips of the fingers — rollers with double cavities on both sides (at z and v , fig. 9). The last phalanxes are flattened on their lower ends and furnished with a rough seam. The phalanxes of the middle finger are the longest. On the thumb the middle phalanx is missing and the two other phalanxes excel through their broadness.

Joints.

If two bones combine in such a way, that either both are able to move towards each other, or only the one towards the other, which appears to be fixed, being capable of executing movements of sufficiently great extent, through such a combination a joint arises. Depending on the quality of the end of the bones, the joints acquire a corresponding character and a corresponding nomenclature. The joints are covered with a smooth elastic layer of tissue, called cartilage, which makes a light sliding movement of the surfaces towards each other possible. At that line, where the

ermöglicht. An der Linie, wo der Knorpelüberzug aufhört, entspringt die Gelenkkapsel, die aus festem Bindegewebe bestehend, sackförmig die Gelenkenden einschließt. Die Innenfläche der Kapsel ist mit einer Membrane ausgekleidet, welche eine klebrig schlüpfrige Masse (*Synovia*) absondert, die fadenziehend und farblos ist und die geschmeidige Bewegung der Flächen wesentlich erleichtert. Damit ist zugleich eine Adhäsion der mit der *Synovia* aufeinander geriebenen glatten Knorpelflächen gegeben, was das Zusammenhalten der Gelenkflächen erheblich fördert. Die Gelenkkapsel und die das Gelenk umspannenden Muskeln sichern das dauernde Zusammenhalten der Gelenkflächen.

Schultergelenk (Fig. 7 auf Taf. II).

O stellt den Oberarmkopf dar von annähernd kugelförmiger Gestalt, der in der Gelenkpfanne *gh* rotiert, die vom Schulterblatt (*s* stellt ein Fragment desselben dar) beigelegt wird und annähernd die Gestalt einer Hohlkugel besitzt. *K* zeigt uns Fasern der Gelenkkapsel. Die Pfanne ist auch auf Taf. I, Fig. 2 bei *p* deutlich sichtbar. Zum näheren Verständnis der Gelenkfiguren, welche sogenannte Frontal- und Sagittalschnitte durch das Gelenk darstellen, schreibe ich folgende Bemerkungen voraus: Der Schädel würde z. B., en face betrachtet, durch einen Frontalschnitt, der hoch oben am Scheitel, entsprechend einer Linie, welche die beiden äußeren Gehörgänge verbindet, geführt wird, in einen vorderen Gesichtsteil und einen hinteren Hinterhauptsteil geteilt werden. Ebenso müßte eine durch den menschlichen Rumpf, den wir mit zugewendeter Brust (also en face) vor uns haben, geführte Frontalebene denselben in eine hintere und vordere Hälfte teilen. Senkrecht auf den Frontalschnitt läuft der Sagittalschnitt. Der Schädel würde, en face betrachtet, durch letzteren in einen rechten und linken Abschnitt geteilt werden. Ebenso natürlich der Rumpf. Fig. 7 stellt einen Frontalschnitt des Schultergelenks durch den kleinen Höcker (*Tuberculum minus*) des Armbeins bei ruhendem Arm dar. Schon aus der Beschaffenheit der Gelenkenden ist leicht ersichtlich, daß es sich hier um ein Gelenk mit Drehung um einen festen Punkt handelt, also um ein frei bewegliches Kugelgelenk (*Arthrodie*). Von den vielen Achsen, um welche die Bewegung in diesem Gelenk möglich ist und die sich im Drehpunkte schneiden, will ich nur drei sich rechtwinklig im Raume schneidende erwähnen: die eine verläuft durch den Knochenschaft und fällt mit seiner Längsachse zusammen. Um diese Achse kann der Oberarm Drehungen ausführen. Die anderen zwei Achsen stehen senkrecht auf der oben beschriebenen Achse und verlaufen senkrecht zuein-

cartilaginous cap ceases, issues the articular capsule, which, consisting of firm connective tissue, encloses pouchlike the articular extremities. The inner surface of the capsule is dressed with a membrane, which secretes a sleeky slippery matter (*synovia*), which is stringy and colourless and facilitates very much the flexible movement of the surfaces. Thus we have at the same time an adherence of the smooth surfaces of cartilage, rubbed with the synovia on each other, and this promotes extensively the keeping together of the surfaces. The articular capsule and the muscles encompassing the joint secure the lasting consistency of the articular surfaces.

Shoulder joint (fig. 7 on picture II).

O represents the head of the humerus, which is of nearly globular figure and rotates in the articular cavity (*gh*), flanked by the shoulder blade (*S* represents a part of it) and possesses nearly the form of an hemisphere. *K* shows us fibres of the articular capsule. The pan is also on picture I, fig. 2 at *p* distinctly visible. I mention in advance the following remarks for a better understanding of the figures of the joint representing so-called frontal and sagittal sections through the joint. The skull, to give an example, seen en face, would be divided by a frontal section, executed high up on the crown, corresponding to a line, which joins both outer auditory canals, in a frontal part of the countenance and a rear part of the occiput (*s'*). Similarly a frontal plane taken through the human trunk, which we have before us with the breast turned towards us, would have to divide the same into a rear- and frontal half. The frontal section runs vertically on the sagittal section. The skull, seen en face, would be divided by the latter into a right and into a left section. Similarly of course the trunk. Figure 7 represents a frontal section of the shoulder joint through the little tubercle (*tuberculum minus*) of the humerus with resting arm. It may easily be seen from the condition of the articular extremities, that in this case it is question of a joint which turns about a fixed point, that means, of an arthrodia movable at large (*Arthrodie*). Of the many axes, around which the movement in this joint is possible, I will only mention three cutting each other rectangularly in space: the one subsides through the shaft of bones and coincides with its lateral axis. Around this axis the upper-arm can execute turnings. The two other axes stand vertically on the axis described above and subside vertically to each other, the one in the frontal surface parallel to the subsiding direction of the clavicles

ander, die eine in der Frontalebene parallel zur Verlaufsrichtung der Schlüsselbeine, siehe Fig. 1; die andere senkrecht darauf in der Sagittalebene. Um die in der Frontalebene verlaufende Achse kann der Arm nach vorn und rückwärts pendeln, sowie mit den Fingerspitzen einen Kreis im Raume beschreiben, der die Basis eines Kegels darstellt, dessen Spitze im Drehpunkt des Gelenkes liegt. Um die in der Sagittalebene verlaufende Achse kann der Arm vom Rumpfe weg und zum Rumpfe hin (Ab- und Adduktion) pendeln, also wagrecht seitwärts gehoben und gesenkt werden. Das oben beschriebene Kugelgelenk wird auch dreiahsig genannt.

Ellenbogengelenk.

Dieses hat den Charakter eines Schraubenscharniergelenkes, dessen Bewegung um eine Achse stattfindet. Taf. II, Fig. 5 zeigt uns dieses Gelenk nach Entfernung der dasselbe völlig einschließenden Kapsel. Die Rolle *tr*, mit welcher die Elle *u* artikuliert, zeigt deutlich eine in Form einer flachen Spirale verlaufende Furche, in welche der Halbmondausschnitt der Elle *fs*, (Fig. 3 und 4) einen stumpfen, sagittal (von hinten nach vorn) verlaufenden First (*f*, Fig. 3) einpaßt. Die Furche oder Kehlrinne stellt somit ein Segment eines Schraubenganges dar, der am linken Arm nach rechts und am rechten Arm nach links gewunden ist. Das scheibenförmige Köpfchen der Speiche ist mit seiner grubig vertieften Gelenkfläche (*ca*, Fig. 3 und 5) an das Köpfchen des Oberarms *q*, Fig. 5, das ein Kugelsegment darstellt, angepaßt. Das Köpfchen ist derart der vorderen Fläche der Rolle angesetzt, daß sein Mittelpunkt in die Achse der Rolle fällt. Es bewegen sich somit Elle und Speiche um eine gemeinschaftliche nicht vollkommen quer, sondern nach innen und unten etwas geneigt verlaufende Achse. Die erstere gleitet mit dem Halbmondausschnitt (*fs*, Fig. 3 und 4) auf der Rolle (*tr*, Fig. 5), — *pc*, Fig. 5 zeigt das vordere Ende des Halbmondausschnittes, Kronenfortsatz genannt — die letztere mit der Gelenkfläche *ca* auf dem Köpfchen (*q*, Fig. 5). Der Verlauf der Achse resultiert aus dem schiefwinkeligen Ansatz der Rolle auf dem Schaft des Oberarmbeins. Fig. 6 zeigt uns einen Sagittalschnitt durch das untere Ende des Oberarmbeins und das obere Ende der Elle, entsprechend der Spitze des Kronenfortsatzes (*pc*). Auf diesem Durchschnitt ist auch das Gleiten der Elle mittelst des Halbmondausschnittes auf der Rolle sichtbar. Auch erkennt man leicht, daß die Streckung im Gelenk durch das Anstemmen des Hakenfortsatzes *o'* an die Wand der inneren Grube *f* eine Hemmung erfährt; allerdings spielt dabei auch der Bandapparat, der in Fig. 5 bei 1 (zwei Seitenbänder und ein Ring-

(look at fig. 1), the other vertical on it in the sagittal plain. The arm can move like a pendulum forwards and backwards around the axis subsiding in the frontal plain, further it can describe with the finger tips a circle in the space representing the basis of a cone, whose point lies in the centre of motion of the joint. Around the axis subsiding in the sagittal plain the arm can move like a pendulum from and towards the trunk (ab- and ad-duction), consequently lifted and lowered horizontally sideways. The arthrodia described above is also called tri-axial.

Elbow-joint.

This has the character of a screw joint, whose movement takes place around an axis. Picture II, fig. 5 shows us this joint after removing the capsule, which surrounds it entirely. The roller *tr*, with which the ulna (*u*) articulates, shows distinctly a furrow subsiding in the form of a flat spiral, in which the crescent section of the ulna, *fs*, (fig. 3 and 4) fits in a shortened sagittal (from the back to the front) subsiding top. The furrow or gutter represents therefore a segment of a screw-thread, which is wound on the left arm to the right and on the right arm to the left. The discoid condyle of the radius with its articular surface, deepened like a cavity (*ca* fig. 3 and 5) is fitted to the condyle of the upper-arm *q*, fig. 5, representing a globule segment. The capitulum is put on the frontal surface of the roller in such a way, that its centre point falls in the axis of the roller. So ulna and radius move around a mutual axis, which is not quite a crossaxis, but subsides inwards and downwards a little on the incline. The ulna slides with the *incisura semilunaris* (*fs*, fig. 3 and 4) on the roller (*tr*, fig. 5) — *pc*, fig. 5 shows the frontal end of the *incisura semilunaris* called coronoid process — the radius with the articular surface *ca* on the capitulum (9. fig. 5.). The progress of the axis results from the inclined insertion of the roller on the shaft of the humerus. Fig. 6 shows us a sagittal section through the lower end of the humerus and the upper end of the ulna, corresponding to the point of the coronoid process (*p. c.*). On this intersection the gliding of the ulna by means of the *incisura semilunaris* on the roller is also visible. It can also be recognized easily, that the stretching in the joint is impeded through the bracing of the caracoid extension (*o'*) against the wall of the inside cavity *f*; in this case of course the ligamentous apparatus, partly visible in fig. 5 *al'*, plays an important roll. If we look in the first place at the mode of motion between upper-and

band am Speichenköpfchen) zum Teil ersichtlich ist, eine wichtige Rolle. Betrachten wir in erster Linie den Bewegungsmodus zwischen Ober- und Vorderarm, so finden wir Beugung und Streckung beider Vorderarmknochen um die geneigt verlaufende Achse. Da diese Neigung nach innen und unten verläuft, so wird der Vorderarm sowohl in der Beuge, als auch in der Strecklage aus der Richtung des Oberarms abgelenkt, so zwar, daß der gebeugte Vorderarm die Hand nur auf die Brust legen kann und der gestreckte Vorderarm sich zu dem Oberarm in einen nach außen offenen stumpfen Winkel einstellt. Diese Bewegungen sind in Supinationslage der Speiche und Hand gedacht, Speiche parallel zur Elle liegend, Hohlhand nach vorn und Daumen nach außen gerichtet (Taf. II, Fig. 10). Schließlich will ich das Drehgelenk zwischen Elle und Speiche erwähnen, das in zwei anatomisch geschiedene Gelenke zerfällt, in ein oberes (Fig. 3 und 4, *sl*), wo das Speichenköpfchen mit einer kleinen Gelenkfacetten auf der kleinen Gelenkfläche (*sl*, *sinus lunatus*, Fig. 4) der Elle gleitet, und in ein unteres Radio-Ulnargelenk, wo umgekehrt das Köpfchen der Elle (*cu*, Fig. 3) auf einer kleinen halbmondförmig gestalteten Gelenkfläche an der Speiche bei *z* (Fig. 3) gleitet. Bei der Drehbewegung in den zwei Gelenken ist in der Regel die Speiche der bewegliche Knochen. Findet die Drehung derart statt, daß der Daumen und die Speiche nach außen gewendet sind und die Hohlhand nach vorn sieht (Fig. 10), so wird sie Supination (Auswärtsdrehung) genannt. Drehen sich hingegen Speiche und Daumen gegen die Leibesmitte, also nach innen, wobei sich der Handrücken nach vorn wendet und die beiden Unterarmknochen sich kreuzen, so kommt die Pronation (Einwärtsdrehung) zustande (Fig. 11).

Handgelenk.

Dieses setzt sich, wie Taf. II, Fig. 8, zeigt, aus den gelenkigen Verbindungen der Vorderarmknochen mit den Handwurzelknochen, der Handwurzelknochen untereinander und der Handwurzel mit den Mittelhandknochen zusammen. Sie sind sämtlich von einer gemeinschaftlichen, durch vielfache Verstärkungsbänder besonders dicht gestalteten bindegewebigen Kapsel umschlossen. Nur das Erbsenbein am Pyramidenbein (*pis*, Fig. 8) und der Mittelhandknochen des Daumens am Trapezbein besitzen eigene Kapseln. Den Verband der reihenweise miteinander verbundenen Knochen vermitteln kurze, teils an der Hohlhand-, teils an der Handrückenseite, teils auch zwischen den einzelnen Knochen verlaufende Bändchen. Die Mittelhandknochen der vier dreigliedrigen Finger sind durch straffe Bändchen mit den entsprechenden Knochen der unteren Handwurzelreihe, sowie untereinander ver-

fore-arm, we find flexion and extension of both humeri around the inclining axis. As this inclination subsides inwards and downwards below, the fore-arm will be turned out of the direction of the upper-arm as well in the bending as in the extending position and in such a way, that the bent fore-arm can put the hand on the breast only and the stretched fore-arm fits to the upper-arm in an angle open and shortened outwardly. These movements are meant in a supinating position of the radius and the hand, the radius resting parallel to the ulna, the palm directed to the front, the thumb towards the outside. (Picture II, fig. 10.) Finally I wish to mention the *diarthrosis rotatoria* between ulna and radius, which is divided in two anatomically separated joints, in an upper joint, where the capitulum of the radius glides with a little joint facette and on the little articular surface (*sl*, *sinus lunatus*, fig. 4). of the ulna and in a lower radio-ulnar joint, where reversed the capitulum of the ulna (*cu*, fig. 3) glides on a small semilunar articular surface at the radius at *z* (fig. 3). The radius is usually the movable bone for the turning movement in the two joints. If the turning comes off thus, that the thumb and the radius are turned towards the outside and the palm faces to the front (fig. 10), it is called a supination. On the other hand, if radius and thumb turn themselves inwardly towards the middle of the body, whereby the back of the hand turns to the front and the two bones of the fore-arm cross each other, the result is pronation (fig. 11.)

The wrist.

This is a compound, as shown on picture II fig. 8, of the flexible junction of the bones of the fore-arm with the carpal bones, of the carpal bones with each other and of the wrist with the metacarpal bone. They all are surrounded by a mutual capsule of connective tissue, which is made particularly tight through many supporting bands. Only the pisiform bone on the pyramidal-bone (*pis*, fig. 8) and the metacarpal bone of the thumb on the trapezoid-bone possess their own capsules. Short little ligaments, subsiding partly on the palmar side partly on the side of the back of the hand, partly also between the single bones, mediate the junction of the bones joined in rows with each other. The metacarpal bones of the four three membered fingers are joined through stretched ligaments with the corresponding bones of the lower wrist row as well as with each other

bunden (bei Fig. 8, g'' und s). Betrachten wir die Bestandteile des Handgelenkes näher, so finden wir, daß von den unteren Enden der Vorderarmknochen sich unmittelbar nur die Speiche mit ihrer Endfläche beteiligt und die, die letztere ergänzende Bandscheibe, welche dort liegt, wo die Elle ihr unteres Ende hat. Endfläche und Bandscheibe bilden eine quer und sagittal gehöhlte Pfanne, in welche der konvexe Gelenkskörper, der von den drei Knochen der ersten Handwurzelreihe: Kahnbein, Mondbein und Pyramidenbein, gebildet wird, sich einfügt: oberes Handgelenk (g , Fig. 8). —

Unteres Handgelenk.

Das untere Handgelenk g' zeigt an der Kleinfingerseite eine Konkavität, welche von den obgenannten drei Handwurzelknochen der ersten Reihe gebildet wird und an der Daumenseite (radial) eine Konvexität k , dargestellt vom radialen Ende des Kahnbeins (S). In die Konkavität fügt sich der konvexe Gelenkskörper, der an der Kleinfingerseite vom Kopf- und Hakenbein dargestellt wird. Daumenwärts (radial) bilden Trapez- und Trapezoidbein eine pfannenartige Vertiefung zur Aufnahme des oben beschriebenen konvexen Teiles des Kahnbeins k . Schließlich treten bei g'' (Fig. 8) die Mittelhandknochen in gelenkige Verbindung mit der zweiten Reihe der Handwurzelknochen (auch in Fig. 9 zu sehen), zwischen denen wegen der ungünstigen Konfiguration und fast vollkommenen Kongruenz der artikulierenden Flächen nur sehr geringe Verschiebungen möglich sind. Beim 2. und 3. Finger sind die Verbindungen so straff, daß die Beweglichkeit gleich Null angenommen werden kann. Beim vierten und fünften Finger zeigen die Mittelhandknochen teils einzeln, teils zusammen deutlich wahrnehmbare Exkursionen, die aber nur auf die Gestaltung der Hand Bezug nehmen. Die Hand kann dabei bald mehr gehöht und schmal, bald mehr abgeflacht und breiter gemacht werden. Der kleine (fünfte) Finger wiederholt im kleineren Maßstabe die Bewegungen des Daumens. Die Beweglichkeit der Hand beruht ausschließlich auf dem oberen und unteren Handgelenk (Fig. 8, g und g'), welche beide einfache Scharniere darstellen. Reine Beuge- und Streckbewegungen um eine quer verlaufende Achse. Die eigentümliche Beschaffenheit der das Handgelenk zusammensetzenden Gelenke, sowie die gegenseitigen gelenkigen Verbindungen der Handwurzelknochen durch sehr kurze und unnachgiebige äußere Gelenkbänder, wodurch wohl sehr unergiebig, aber nach allen Richtungen hin mögliche Bewegungen (straffe Gelenke) resultieren, gestatten dem Handgelenk Bewegungen um eine Achse, die senkrecht zur ob-

(in fig. 8, g'' und s). If we look further into the component parts of the wrist, we find that, of the lower portions of the bones of the fore-arm, only the radius takes immediate part with its extremities and the interarticular ligament which complements the latter and is placed there, where the ulna has its lower end. The extremity and the interarticular ligament form a pan in the form of a sagittal and cross cavity, in which is inserted the convex movable body, which is formed by the three bones of the first row of wrists: scaphoid-, lunar- and pyramidal-bone: upper wrist (g , fig. 8).

Lower Wrist.

The lower wrist g' shows on the ulnar margin a concavity formed by the three carpal bones mentioned above and on the side of the thumb (radial) a convexity k , represented by the radial end of the scaphoid bone (S). The convex movable body is joined by the concavity, which is represented on the ulnar margin by the *os capitulum* on the ulniform bone. The trapezium and the trapezoid bone form towards the thumb (radial) a hollow in the form of a pan for the reception of the convex part of the scaphoid bone b described above. Finally the metacarpal bones come in flexible connection at g'' (fig. 8) with the second row of the carpal bones (to be seen also in fig. 9); between these only very little displacements are possible on account of the unfavourable configuration and nearly complete congruence of the articulating surfaces. At finger 2 and 3 the junctions are so stretched, that the mutability can be considered nil. At the fourth and fifth finger the metacarpal bones show partly singly and partly together distinctly visible excursions, but only in reference to the formation of the hand. At the same time the hand can be made sometimes more in the form of a cavity and narrow, sometimes more flat and broader. The little finger (fifth) repeats to a smaller extent the movements of the thumb. The movability of the hand depends exclusively on the upper and lower wrist (fig. 8 g and g'), which both represent simple hinges, being merely bending and stretching movements around a crossly subsiding axis. The peculiar condition of the joints which together make up the wrist, also the contrary flexible connections of the carpal bones through very short and unrelenting outside articular ligaments, whereby very futile but in all directions possible movements result, permitting movements to the wrist around an axis, subsiding vertical to the cross axis mentioned above and of course also vertical to the palm of the hand. These movements manifest themselves in marginal bendings towards the thumb (radial) and towards the ulnar margin. The great volubility which distinguishing

genannten Querachse, natürlich auch senkrecht zur Handfläche verläuft. Diese Bewegungen äußern sich in Randbiegungen daumen- (radial-) und kleinfingerwärts (ulnarwärts). Die große Volubilität, welche die Handbewegungen so sehr auszeichnet, beruht aber nicht ausschließlich auf dem eigentlichen Handgelenk, sondern wird erst durch Herbeiziehen des im Vorderarm gelegenen Drehgelenkes (zwischen Elle und Speiche) erreicht, wodurch insbesondere die Spielweite der Zirkumduktion (Herumführen im Raume) erweitert und der Hand im Zusammenwirken beider Gelenke der Verkehrsraum eines Kugelgelenkes (Arthrodie) geboten wird.

Fingergelenke.

Das Grundgelenk des Daumens, welches von den Gelenkflächen des Trapezbeines (*tr*, Fig. 8 und 9) und des Mittelhandknochens des Daumens (*p*) gebildet wird, zeichnet sich durch seine sattelförmige Gestalt aus, wodurch es dem Daumen möglich wird, charakteristische Bewegungen auszuführen.

Daumengelenk.

Das Daumengelenk besitzt eine eigene schlaaffe Kapsel, die nur an den Seiten durch straffere Fasern verstärkt wird. Sowohl Fig. 8 als Fig. 9 zeigen eine Schiefstellung der Trapezbeinfläche gegen den Zeigefinger, weshalb der Daumen, resp. dessen Mittelhandknochen, nie vollständig in die Ebene der anderen Mittelhandknochen gebracht werden kann. Die Gelenkfläche des Trapezbeins ist sattelförmig, und das obere Ende des Mittelhandknochens des Daumens ist in seiner Form diesem Gelenk entsprechend angepaßt. Wenn wir uns einen Sattel seiner Länge entsprechend in zwei gleiche Teile geschnitten denken, so erhalten wir eine Konkavität; teilen wir den Sattel der Quere nach, so erhalten wir eine Konvexität. Ebenso verhält es sich mit dem Gelenk des Trapezbeins, welches in einem der Handfläche parallelen Durchschnitt konkav, in einem senkrecht auf die Hand geführten Schnitt konvex ist. Das Zu- und Abziehen des Daumens, Adduktion und Abduktion (je nachdem der Daumen dem Zeigefinger genähert oder von ihm entfernt wird), geschieht dergestalt, daß der Mittelhandknochen nach der Richtung der Konkavität der Gelenkfläche des Trapezbeins gleitet. Bei der zweiten Bewegung, welche gegen die Hohlhand gerichtet ist und den Daumen den anderen Fingern gegenüberstellt — Gegenstellung genannt — schleift der Mittelhandknochen in der Richtung ihrer Konvexität. Wegen der oben besprochenen Schiefstellung des Trapezbeins gegen den Zeigefinger hat der

so greatly the movements of the hand, depends not entirely on the wrist itself and will on the contrary be only obtained by using the *diarthrosis rotatoria* situated in the fore-arm (between radius and ulna), whereby especially the circumduction will be enlarged and the sphere of motion of an Arthrodie is granted to the hand by the cooperation of both joints.

Finger joints.

The basal joint of the thumb, which is formed by the articular surfaces of the trapezoid bone (*tr*, fig. 8 and 9) and the metacarpal bone of the thumb (*p*), distinguishes itself through its form which is in the shape of a saddle, whereby it becomes possible for the thumb, to execute characteristic movements.

Thumb joint.

The joint of the thumb possesses its own loose capsule, which is strengthened only on the sides through lighter fibres. Fig. 8 as well as fig. 9 show a sloping position of the face of the trapezium towards the fore-finger; therefore the thumb, or its metacarpal bone, can never be brought entirely in the level of the other metacarpal bones. The articular surface of the trapezium has the shape of a saddle and the upper end of the metacarpal bone of the thumb is in its form suited correspondingly to this joint. If we imagine a saddle cut in two equal parts corresponding to its length, we receive a concavity, if we cut it in correspondence to its breadth we get a convexity. It is the same with the joint of the trapezium, which is concave in an intersection parallel to the palm of the hand and convex in a vertical section on the hand. The ad-ducing and ab-ducing of the thumb (approaching or removing of the thumb from the fore-finger) occurs thus, namely, that the metacarpal bone slides in the direction of the concavity of the articular surface of the trapezium. At the second movement, directed towards the hollow of the hand and which confronts the thumb with the other fingers, the metacarpal bone drags in the direction of their convexity. In consequence of the inclined position of the trapezium, described above, towards the fore-finger, the thumb has always a position directed a little towards the hollow of the hand. In a half adducting and

Daumen stets eine etwas hohlhandwärts gerichtete Lage. In halber Anziehungs- und halber Gegenstellungslage bildet er mit übrigen Mittelhandknochen die Wand der gleichmäßig gehöhlten Hohlhand. In diese Lage (Stabilitätslage) sucht er immer wieder zurückzukehren. Aus der Kombination der oben angeführten Bewegungen ergibt sich die Möglichkeit der Zirkumduktion des Daumens.

Zum näheren Verständnis der oben besprochenen Schnitte durch das Grundgelenk des Daumens will ich noch hinzufügen, daß Fig. 8 (Taf. II) einen Frontalschnitt durch die Handwurzelknochen darstellt, durch welchen bei herabhängendem Arm die Handrückenfläche nach vorn gewendet, ein vorderer und ein hinterer Anteil hergestellt erscheinen. Der früher besprochene, parallel zur Handfläche verlaufende Schnitt ist mit dem Frontalschnitt identisch, und tatsächlich sehen wir in Fig. 8 bei y die Konkavität.

Senkrecht zur Handfläche und in der Linie xx verlaufend wird der geführte Schnitt die Konvexität der Gelenkfläche des Trapezbeines bloßlegen. Die Gelenke zwischen den Fingern und den Mittelhandknochen (Metakarpo-Phalangealgelenke bei z , Fig. 9) werden von den Köpfchen der Mittelhandknochen und von den grubigen Gelenkflächen an den Grundphalangen (erste Fingerglieder, 1) dargestellt. Fig. 9 zeigt auch, daß es den Anschein hat, als wären die Köpfchen rechts und links parallel abgeschnitten und somit nur Segmente von Köpfchen mit Halbkugelform, die wegen der beiderseitigen fast geradlinigen Begrenzung einer Rolle gleichen. Letztere ist aber nur an der Hohlhandseite so breit wie das Grübchen der Grundphalanx, so daß sich beide Knochen nur in der Beugelage vollends decken. Die halbe Beugelage ist somit auch die Stabilitätslage, in welche die Grundphalanx bei ruhiger Haltung der Hand immer wieder zurückkehrt. Die bindegewebige Kapsel, welche diese Gelenke einschließt, ist an der Handrückenfläche dünn und schlaff, an den Seiten durch Seitenbänder verstärkt und an der Hohlhandseite durch derbe quere Faserzüge, die auch die Zwischenfingerräume überbrücken und alle vier Mittelhand-Fingergelenke verbinden, knorpelig verdickt. Der Form der Köpfchen entsprechend haben wir es mit Scharniergelenken zu tun, die auch Seitenbewegungen gestatten, wenn die Finger in die Strecklage gebracht werden. Es ist oben gesagt worden, daß die Köpfchen der Mittelhandknochen gegen die Hohlhandseite zu viel breiter sind. Daraus resultiert erstens, daß die Beugung der Finger nach der Hohlhandseite größer ist als nach der Handrückenfläche, und daß die Seitenbewegungen (Anziehen und Spreizen) der Finger nur in der Strecklage möglich sind. Rückt nämlich die Grundphalanx

half opposing position it forms with the other metacarpal bones the wall of the equally hollowed hollow surface of the hand. It always tries to return to this position (stability). The possibility of the circumduction of the thumb depends on the combination of the movements described above.

In order to better understand the sections described above, I want to add, that fig. 8 (picture II.) represents a frontal section through the carpal bones, by which with suspended arm, the surface of the back of the hand turned to the front, a front-and-a-back section seem to be effected. The cut subsiding parallel to the palm of the hand, as described above, is identical with the frontal section and in fact we see in fig. 8 at y the concavity.

Vertical to the palm of the hand and subsiding in the line xx the executed section will lay bare the convexity of the articular surface of the trapezium. The joints between the fingers and the metacarpal bones (metacarpo-phalangeal joints at z fig. 9) are represented from the capitulums of the metacarpal bones and from the dotted articular surfaces at the basal phalanges (first phalanges i). Fig. 9 shows also, that it appears as if the capitulums had been cut off parallel on the right and on the left and thus only segments of capitulums with semi-globular form, which because each has a nearly straight-lined termination resemble a roller: The latter is only on its palmar side as broad as the fossette of the basal phalanx, so that both bones cover each other entirely only in the bending position. The half bending position is therefore also the position of stability, in which the basal phalanx always returns, if the hand remains in a steady position. The capsule of connective tissue, which encloses these joints, is thin and loose on the side of the back of the hand, strengthened on the sides through lateral ligaments and cartilaginously thickened through compact crossdraughts of fibres on the side of the hollow surface of the hand, which join also all the four finger joints of the metacarpus and bridge over the spaces between the fingers. Judging by the shape of the capitulums we are dealing with gynglimusses, which allow also side-movements, if the fingers are put in the stretching position.

It has been said above, that the capitulums of the metacarpal bones are much broader towards the side of the hollow of the hand. From that results firstly, that the flexion of the fingers toward the side of the hollow of the hand is larger than towards the palmar back and that the side-movements (adducting and spreading) of the fingers are only possible in the stretching position. For if the ground phalanx

(1) auf den breiteren, hohlhandwärts gelegenen Teil des Köpfchens, so sind die Seitenbänder straff gespannt und verhindern jede Seitenbewegung; rückt aber die Phalanx in die Strecklage, nämlich auf den schmalen Teil des Köpfchens, so erschlaffen die Bänder und gestatten, weil das Gelenk locker geworden ist, der Phalanx die Seitenbewegungen. Aus letzterem Grunde ist es auch nur möglich, die Grundphalanx vom Mittelhandknochen in der Strecklage unter knackendem Geräusch abzuschieben. Das Gelenk des Daumens (*e'*, Fig. 9) hat ein viel breiteres Köpfchen als die Gelenke der übrigen Finger und ist fast ausschließlich auf reine Scharnierbewegungen (Beugung und Streckung) angewiesen. Die Fingergelenke (*e*, Fig. 9) werden durch eine in der Gangehrung gekahlte Rolle der oberen Phalanx (1) gebildet, in welcher die mit einem sagittalen Frit versehene obere Endfläche der nächstfolgenden Phalanx (2) gleitet. Auch in diesen Gelenken ist die Rolle an der Hohlhandseite breiter und die sie einschließenden Kapseln durch straffe Seitenbänder verstärkt, wodurch der Verband und der straffe Scharniergang (Beugung und Streckung) des Gelenkes gesichert erscheinen. —

Mit der Erörterung der Verbindungen des Schultergürtels mit dem Rumpfe will ich dieses Kapitel beschließen.

Verbindung zwischen Schultergürtel und Rumpf.

Taf. I, Fig. 1 zeigt uns die Verbindung des Schlüsselbeins (*e*) einerseits mit dem Brustblatt (*b*) bei *sc* und andererseits mit der Schulterhöhe bei *g*. Ferner sieht man das Schlüsselbein über den Rabenschnabelfortsatz (*r*) hinwegziehen, an dem es durch ein kräftiges Band befestigt ist. Diese Verbindung stellt einen Schutzapparat bei den Bewegungen im Gelenk zwischen Schlüsselbein und Schulterhöhe bei *g* dar. Der Schultergürtel hängt also mit dem Rumpf nur an einer Stelle bei *sc* (Gelenk zwischen Schlüsselbein und Brustblatt) zusammen und ist in seiner Beweglichkeit zunächst von diesem Gelenk abhängig. Dieses Gelenk besitzt natürlich, wie jedes andere, eine bindegewebige Kapsel nebst Verstärkungsbändern, die die Exkursionsgröße desselben auf das zweckentsprechende Maß einschränken. Schulterblatt und Schlüsselbein werden durch die Muskulatur an den Thorax (Brustkorb) angedrückt gehalten, so daß jene Bewegungsrichtungen bevorzugt werden, welche dem Knochen ein Gleiten an der Brustwand gestatten. Die wichtigsten in Betracht kommenden Bewegungen des Schultergürtels sind das Heben und Senken der Schulter, dann das Vor- und Zurückstauen derselben. Die Exkursionsbogen des Schulterblattes werden nahezu mit der

moves on the broader part of the capitulum, which is situated towards the hollow of the hand, the lateral ligaments are tightly stretched and prevent every side-movement; but if the phalanx moves in the stretching position, on the narrow part of the capitulum, the ligaments relax and allow the phalanx to make side-movements, because the joint has become loose. For the latter reason it is only possible to detract the ground phalanx from the metacarpal bone in the stretching position with a crackling noise. The joint of the thumb (*e'* fig. 9) has a much broader capitulum than the joints of the other fingers and has to restrict itself nearly exclusively to purely joint movements (bending and stretching). The finger joints *e*. fig. 9 are formed by a roller of the upper phalanx (1) channelled in the direction of motion into which the upper terminal surface of the following phalanx, (2) furnished with a sagittal top, glides. Also in these joints the roller is broader on the side of the hollow of the hand and the capsules enclosing them are strengthened by means of stretched lateral ligaments, whereby the junction and the stretched joint action seem assured.

Junction between shoulder-girdle and trunk.

I will close this chapter with discussions on the shoulder-girdle with the trunk.

Picture I fig. 1 shows us the connection of the clavicle (*e*) with the breast blade (*b*) at *sc* as well as with the acromion extension at *g*. Further one sees the clavicle passing over the coracoid extension (*r*); it is fastened to this through a strong ligament. This connection represents a safety-apparatus for the movements in the joint between clavicle and the acromion process. The shoulder-girdle is thus connected with the trunk only at one place at *sc* (joint between clavicle and breast-blade) and depends firstly on this joint for its movability. Of course this joint possesses like every other a capsule of connective tissue with augmentative ligaments, which limit its range of motion to a suitable measure. Shoulder-blade and clavicle are kept pressed to the thorax through the muscular coat, so that those directions of movements are preferred, which allow the bone to slide on the thoracic wall. The most important of the movements of the shoulder-girdle to be considered are the lifting and lowering of the shoulder, then the movement forwards and backwards of the same. The range of action of the shoulder-blade is described with

ganzen Länge des Schlüsselbeins als Radius beschrieben und fallen schon deshalb nicht klein aus. Da Schlüsselbein und Schulterblatt an ungleich geformten Wänden verschoben werden, das erstere an der konvexen vorderen Brustwand, das letztere an der flacheren hinteren Brustwand, so müssen sie sich bei jeder Bewegung des Schultergürtels auch gegeneinander bewegen, was im Gelenk zwischen Schlüsselbein und Schulterhöhe (bei *g*, Fig. 1) vermittelt wird, dessen Schutzapparat das den Rabenschnabelfortsatz mit dem Schlüsselbein verbindende Band darstellt. Natürlich besitzt auch dieses Gelenk eine Kapsel mit Verstärkungsbändern. Die Bewegungen des Schultergürtels sind selten selbständig, meistens sind sie nur Folgebewegungen, die sich den Exkursionen der Arme beigesellen.

Muskeln.

Anatomischer Bau der Muskeln.

Die Muskelsubstanz gleicht einer festweichen Masse, etwa einer Gallerte im Moment des Zergehens. Es liegt die mikroskopische Beobachtung vor, nach welcher ein Parasit (Rundwurm) sich schlängelnd in der Masse fortbewegte und hinter ihm die festweichen Massen wieder zusammengingen. Erst im Moment der Zusammenziehung, resp. Erregung erlangen die Muskeln jene Konsistenz, die wir ihnen zu geben gewohnt sind. Sie sind ferner elastisch und leisten im allgemeinen formverändernden Kräften wenig Widerstand. Wir haben es mit gefaserten Geweben zu tun, welche die Fähigkeit besitzen, sich in der Richtung der Faserung durch innere Kräfte vorübergehend zu verkürzen. Darauf beruhen alle aktiven Bewegungen innerhalb des Organismus und sämtliche aktiven Einwirkungen desselben auf die Außenwelt. Wir unterscheiden glatte und quergestreifte Muskelfasern, die sich nicht nur in ihrem anatomischen Bau, sondern auch ihrem Verhalten gegenüber äußeren Einflüssen und dem Willen wesentlich unterscheiden. Die für uns in Betracht kommenden Muskelfasern sind ausschließlich quergestreift und mit der Fähigkeit ausgestattet, sich schnell zu verkürzen und ebenso rasch in der Verkürzung nachzulassen. Sie sind im Bereich der dem Willen unterzogenen und in ihrer Tätigkeit von sinnlichen Einwirkungen beherrschten Organen angebracht. Wir werden nur diese in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen. Die quergestreiften Muskeln (willkürliche Muskeln) sind an der Oberfläche von einer bindegewebigen Hülle überzogen, welche

the whole length of the clavicle as radius and therefore not small. As clavicle and shoulder-blade are shifted on walls not equally formed, the first on the convex frontal thoracic wall, the latter on the flatter back thoracic wall, they are forced to move at each movement of the shoulder-girdle also towards each other, which is mediated in the joint between clavicle and acromion process (at *g*, fig. 1), whose safety apparatus is represented by the ligament connecting the coracoid process with the clavicle. Of course also this joint possesses a capsule with strengthening ligaments. The movements of the shoulder-girdle are seldom independent, mostly they are only consecutive movements, associated with the action of the arm.

Muscles.

Anatomical structure of the muscles.

The muscle substance is like a solid soft matter, somewhat like a jelly at the moment of dissolving. The microscopical observation lies before us, according to which a parasite (round worm) moved on winding in the matter and after it the solid soft matter reunited. Only in the moment of drawing together, that is to say stimulation, the muscles acquire that consistency which, we are used to give them. They are moreover elastic and offer generally little resistance to metamorphosing forces. We have to deal with fibrous tissues, possessing the ability to shorten themselves temporarily with regard to the fibres by means of internal powers. All active movements within the organism and all active influences of this on the outside world depend on it. We distinguish plain and cross striped muscle fibres which differ from each other not only in their anatomical structure, but also in their behavior towards outside influences and the will. The muscle fibres we have to take into consideration are exclusively cross striped and furnished with the ability to shorten quickly and to slacken just as quickly in the shortening. They are placed in the range of organs subjected to the will and in their activity dominated by sensual influences. We will now discuss these. The cross striped muscles (voluntary muscles) are covered with a cover of connective tissue, which sends partition walls (*septa*) into the muscle, to carry the vessels and nerves and by which the muscle is dissected into single bundles of fibres. The fibres are arranged parallel. Each muscular fibre is enveloped by a rich network

Zwischenwände (Nerves) in den Muskel hineinschickt, die die Gefäße und Nerven führen, und durch welche der Muskel in einzelne Faserbündel zerlegt wird. Die Fasern sind parallel angeordnet, jede Muskelfaser wird von einem reichen Maschenwerk feinsten Blutgefäße (Kapillaren) umspannen und an einer jeden Faser tritt ein Nervenfaden, jede Muskelfaser, resp. ihre Substanz, zeigt in mikroskopisch kleinen Abständen eine aus abwechselnd hellen und dunklen Schichten gebildete Querstreifung.

of the finest blood vessels (capillaries) and a nerve filament is attached to each fibre. Each muscle fibre, that is to say its substance shows in microscopically minute intervals a cross striping made of alternately light and dark layers.



Quergestreifte Muskelfasern. Fibres of cross striped muscles.

Die quergestreiften Muskeln setzen sich summat in Sehnen fort, können auch, spitz zulaufend, im Innern von Muskeln endigen, oder sich, wie z. B. in der Zunge, mannigfach verzweigen.

The cross striped muscles continue mostly in sinews; they can also terminate in a point in the interior of muscles or they can manifoldly branch out, as to give an example, in the tongue.

Sehnen.

Die Sehnen bestehen aus parallel verlaufenden Bündeln von Bindegewebe und elastischen Fasern, fast glänzend weiß in der Farbe und sehr festem Gefüge und sind von einer Scheide umgeben, welche die beiden Gelenkkapseln besprechende schlipfrige synovialflüssigkeit enthält. Mit den Enden heften sich die Muskeln an Knochen an und spannen sich über Gelenke, wodurch sie bei Zusammensichung dieselben in Gang bringen. Wie gesagt, erfolgt der Ansatz des Muskels an Knochen vernehmlich mittelst einer Sehne; wenn er aber auf eine größere Strecke hin dem Knochen anhaftet, pflegt er an dem einen oder dem anderen Ende, der breiten Anheftung entsprechend, ohne Vermittlung einer Sehne (fleischiger Ursprung oder Ansatz eines Muskels) sich mit dem Knochen zu verbinden. Eine andere Reihe von Muskeln haftet an einem Ende an einem Knochen und geht mit dem anderen Ende in eine Gelenkkapsel oder in die äußere Haut usw. über. Das zentrale Ende (Ursprungsende) eines Muskels wird allgemein als Kopf (*Caput*) bezeichnet und bei getheilten Ansätzen der Anzahl derselben entsprechend in zwei-, drei-, selbst vierköpfige Muskeln unterschieden. Wenn mehrere Muskeln an ihrem Ursprung zusammenfließen, entsteht ein gemeinsamer Kopf (*Caput commune*).

Sinews.

The sinews consist of parallel subsiding bundles of connective tissue and elastic fibres, nearly brilliantly white in colour and very strong in structure and are surrounded by a sheath, which contains the slippery synovial fluid we spoke about in connection with the articular capsules. The muscles fasten themselves with their ends to bones and stretch themselves over joints, whereby they bring these in motion through contraction. As mentioned before, the joining of the muscle on the bone takes place principally by a sinew; but if it adheres to a larger extent to the bone, it generally joins itself with one or the other end, corresponding to the broad adherence, to the bone without intervention of a sinew (fleshy origin or beginning of a muscle). Another series of muscles adheres with one end of a bone and passes over with the other end into an articular capsule or into the outer skin etc. The central end (original end) of a muscle is generally denoted as the head (*caput*) and when the juncture is divided parted insertion corresponding to the number of joints distinguished as two — three — and even four — headed muscles. If more muscles converge together at their origin, there results a common head (*caput commune*).

Elastizität des Muskels.

Von den Eigenheiten des Muskels ist besonders hervorzuheben, daß seine Elastizität im ruhenden Zustande zwar klein, aber sehr vollkommen ist (einem Kautschukfaden vergleichbar). Bekanntlich wird ein Gegenstand dann als vollkommen elastisch bezeichnet, wenn er nach Aufhören der Dehnung in seine natürliche Form zurückgeht. Die Tragfähigkeit des Muskelgewebes bis zum Zerreißen verhält sich für Jugend, mittleres und höheres Alter wie 7 : 3 : 2, also rapid abnehmend. Bei intaktem Körper sind die Muskeln bereits in einem geringen Grade der Dehnung (mäßige Verkürzung bei Lösung des Muskelansatzes). Dieser Dehnungsgrad ist wichtig, da sonst der Muskel bei seiner Zusammenziehung erst anspannend auf die Knochen wirken müßte, bevor er zur Tätigkeit gelangen könnte. Die Muskeln erscheinen mit ihren Ansätzen stets mit der kürzesten Verlaufslinie angeordnet und stellen sich so in günstige Wechselbeziehung zum Skelett. Die Bedeutung der Elastizität der Muskeln für deren Funktion liegt darin, daß der Muskel, wie oben erwähnt, stets gespannt ist, obgleich die Distanz seiner Anheftungspunkte beständig Änderungen unterliegt; damit erscheint vorgesorgt, daß keine Zeit für die Kontraktion (Zusammenziehung) verloren geht. Die Elastizität bewirkt ferner, daß der Zug des Muskels nicht reißend, sondern verhältnismäßig sanft erfolgt, indem die verkürzenden Kräfte zunächst elastische Kräfte im Muskel wachrufen, wodurch Muskeln, Knochen und Gelenke geschont werden, etwa wie Federn eines Wagens die Stöße mildern.

Rückenmuskeln.

Auf Taf. 3, Fig. 1 sehen wir den Kappenmuskel (*M. trapezius*), der ein Schultergürtelmuskel ist und aus zwei symmetrischen Hälften besteht, von denen in Fig. 1 nur die linke Hälfte dargestellt ist. Seine mittlere Diagonale, welche ihn in zwei Abschnitte von Dreiecksform teilt, verläuft vom Hinterhaupt (*h*) bis zum XII. Brustwirbel. Damit ist auch die mittlere Ansatzlinie dieses Muskels gegeben. Wie aus der Figur ersichtlich ist, verlaufen dessen mittlere Fasern quer, die oberen schief abwärts, die unteren schief aufwärts. Seinen lateralen (seitlichen) Ansatz findet der Muskel am Schultergürtel, und zwar an der Schultergräte (*s*), der Schulterhöhe (*a*) und, sich nach vorn um den Seitenteil des Halses herumschlagend, am lateralen Drittel des Schlüsselbeins (Fig. 2, *K*). Aus dem Verlauf der Fasern und den Ansätzen dieses Muskels ergibt sich mit Leichtigkeit seine Funktion. Die oberen Fasern bewegen das Schulterblatt kopfwärts, die mittleren Fasern gegen die Wirbelsäule (*w*) hin, und der untere Abschnitt bewirkt im Verein mit den anderen An-

Elasticity of the Muscle.

With regard to the peculiarities of the muscles it has to be mentioned especially, that their elasticity is in a quiescent position only small but very effective (comparable to with a thread of indiarubber.) It is known, that a thing is called entirely elastic, when it returns to its original shape after ceasing of the tension. The bearing capacity of the muscular tissue till bursting remains for youth, middle and advanced age in the ratio of 4 : 3 : 2, thus very quickly diminishing. With an intact body the muscles are already in a slight degree of tension (moderate shortening on loosening the muscular jointure). This degree of tension is important, as otherwise the muscle when it contracts would have to act firstly on the bones, as a tenuous force before it could come to activity. The muscles appear to be arranged with regard to their jointures always with the shortest subsiding line and so put themselves in a favourable correlation to the skeleton. The importance of the elasticity of the muscles for their functions lies herein, that the muscle, as mentioned above, is always tense, though the distance of its points of jointure is subjected continually to changes; with this it seems provided, that no time is lost for the contraction.

The elasticity has further the effect, that the strain of the muscle does not tear, but is comparatively smooth, as the contractive powers awaken firstly elastic powers in the muscle, whereby muscles, bones and joints will be spared, somewhat as the springs of a carriage soften the jolts.

Dorsal muscles.

On picture III fig. 1 we see the trapezius (*k*), which is a shoulder-girdle muscle and consists of two symmetrical halves; of these only the left half is represented in fig. 1. Its middle diagonal, which divides it in two sections of triangular form, subsides from the occiput (*h*) to the twelfth thoracic vertebra. With that is also given the middle insertion line of this muscle. As it may be seen from the figure, its middle fibres subside crosswise, the upper inclined downwards, the lower inclined upwards. The muscle finds its lateral insertion on the shoulder-girdle, that is to say, on the spine of the scapula (*s*), the acromion extension (*a*) and, wrapping itself around the side of the neck to the front, on the lateral third of the clavicle (fig. 2, *K*). From the progress of the fibres and the insertions of this muscle we easily perceive its functions. The upper fibres move the shoulder-blade towards the head, the middle fibres towards the spine, (*W*) and the lower section effects with the other parts a turning of the shoulder-blade, whereby the lower

Elastizität des Muskels.

Von den Eigenheiten des Muskels ist besonders hervorzuheben, daß seine Elastizität im ruhenden Zustande zwar klein, aber sehr vollkommen ist (einem Kautschukfaden vergleichbar). Bekanntlich wird ein Gegenstand dann als vollkommen elastisch bezeichnet, wenn er nach Aufhören der Dehnung in seine natürliche Form zurückgeht. Die Tragfähigkeit des Muskelgewebes bis zum Zerreißen verhält sich für Jugend, mittleres und höheres Alter wie 7 : 3 : 2, also rapid abnehmend. Bei intaktem Körper sind die Muskeln bereits in einem geringen Grade der Dehnung (mäßige Verkürzung bei Lösung des Muskelansatzes). Dieser Dehnungsgrad ist wichtig, da sonst der Muskel bei seiner Zusammenziehung erst anspannend auf die Knochen wirken müßte, bevor er zur Tätigkeit gelangen könnte. Die Muskeln erscheinen mit ihren Ansätzen stets mit der kürzesten Verlaufslinie angeordnet und stellen sich so in günstige Wechselbeziehung zum Skelett. Die Bedeutung der Elastizität der Muskeln für deren Funktion liegt darin, daß der Muskel, wie oben erwähnt, stets gespannt ist, obgleich die Distanz seiner Anheftungspunkte beständig Änderungen unterliegt; damit erscheint vorgesorgt, daß keine Zeit für die Kontraktion (Zusammenziehung) verloren geht. Die Elastizität bewirkt ferner, daß der Zug des Muskels nicht reißend, sondern verhältnismäßig sanft erfolgt, indem die verkürzenden Kräfte zunächst elastische Kräfte im Muskel wachrufen, wodurch Muskeln, Knochen und Gelenke geschont werden, etwa wie Federn eines Wagens die Stöße mildern.

Rückenmuskeln.

Auf Taf. 3, Fig. 1 sehen wir den Kappenmuskel (*M. trapezius*), der ein Schultergürtelmuskel ist und aus zwei symmetrischen Hälften besteht, von denen in Fig. 1 nur die linke Hälfte dargestellt ist. Seine mittlere Diagonale, welche ihn in zwei Abschnitte von Dreiecksform teilt, verläuft vom Hinterhaupt (*h*) bis zum XII. Brustwirbel. Damit ist auch die mittlere Ansatzlinie dieses Muskels gegeben. Wie aus der Figur ersichtlich ist, verlaufen dessen mittlere Fasern quer, die oberen schief abwärts, die unteren schief aufwärts. Seinen lateralen (seitlichen) Ansatz findet der Muskel am Schultergürtel, und zwar an der Schultergräte (*s*), der Schulterhöhe (*a*) und, sich nach vorn um den Seitenteil des Halses herumschlagend, am lateralen Drittel des Schlüsselbeins (Fig. 2, *K*). Aus dem Verlauf der Fasern und den Ansätzen dieses Muskels ergibt sich mit Leichtigkeit seine Funktion. Die oberen Fasern bewegen das Schulterblatt kopfwärts, die mittleren Fasern gegen die Wirbelsäule (*w*) hin, und der untere Abschnitt bewirkt im Verein mit den anderen An-

Elasticity of the Muscle.

With regard to the peculiarities of the muscles it has to be mentioned especially, that their elasticity is in a quiescent position only small but very effective (comparable to with a thread of indiarubber.) It is known, that a thing is called entirely elastic, when it returns to its original shape after ceasing of the tension. The bearing capacity of the muscular tissue till bursting remains for youth, middle and advanced age in the ratio of 4 : 3 : 2, thus very quickly diminishing. With an intact body the muscles are already in a slight degree of tension (moderate shortening on loosening the muscular jointure). This degree of tension is important, as otherwise the muscle when it contracts would have to act firstly on the bones, as a tenuous force before it could come to activity. The muscles appear to be arranged with regard to their jointures always with the shortest subsiding line and so put themselves in a favourable correlation to the skeleton. The importance of the elasticity of the muscles for their functions lies herein, that the muscle, as mentioned above, is always tense, though the distance of its points of jointure is subjected continually to changes; with this it seems provided, that no time is lost for the contraction.

The elasticity has further the effect, that the strain of the muscle does not tear, but is comparatively smooth, as the contractive powers awaken firstly elastic powers in the muscle, whereby muscles, bones and joints will be spared, somewhat as the springs of a carriage soften the jolts.

Dorsal muscles.

On picture III fig. 1 we see the trapezius (*k*), which is a shoulder-girdle muscle and consists of two symmetrical halves; of these only the left half is represented in fig. 1. Its middle diagonal, which divides it in two sections of triangular form, subsides from the occiput (*h*) to the twelfth thoracic vertebra. With that is also given the middle insertion line of this muscle. As it may be seen from the figure, its middle fibres subside crosswise, the upper inclined downwards, the lower inclined upwards. The muscle finds its lateral insertion on the shoulder-girdle, that is to say, on the spine of the scapula (*s*), the acromion extension (*a*) and, wrapping itself around the side of the neck to the front, on the lateral third of the clavicle (fig. 2, *K*). From the progress of the fibres and the insertions of this muscle we easily perceive its functions. The upper fibres move the shoulder-blade towards the head, the middle fibres towards the spine, (*W*) and the lower section effects with the other parts a turning of the shoulder-blade, whereby the lower

teilen eine Drehung des Schulterblattes, wobei sich der untere Winkel desselben (Taf. I, Fig. 2 u. Fig. 3, *wu*) nach außen von der Wirbelsäule weg bewegt. Also ein Dreher des Schulterblattes. Der rautenförmige Muskel (*M. rhomboides*) ist ebenfalls ein Schultergürtelmuskel (Fig. 1, *r*) und ist bis auf einen kleinen Abschnitt vom Kappenmuskel und vom breiten Rückenmuskel bedeckt. Er setzt sich an die zwei letzten Halswirbel (in der Figur ist nur der letzte, VII. Halswirbel sichtbar, da der vorletzte vom Nackenband *n* bedeckt erscheint) und die vier (I—IV) oberen Brustwirbel an (Ursprung) und findet seinen seitlichen Ansatz am inneren Rand (*p*) des Schulterblattes (der innere Rand auch auf Taf. I, Fig. 2 und 3 bei *i* sichtbar). Seine Funktion betreffend, vermag er das Schulterblatt nach aufwärts und gegen die Wirbelsäule zu ziehen und derart zu drehen, daß der untere Winkel desselben (Taf. I, Fig. 2 und 3, *wu*) sich gegen die Wirbelsäule hin bewegt, also der Wirkung des Kappenmuskels entgegengesetzt.

Ein weiterer Schultergürtelmuskel ist der Aufheber der Schulter, resp. des Schulterblattes (*M. levator scapulae*), der an den vier oberen Halswirbeln seinen Ursprung hat und schief abwärts, dem rautenförmigen Muskel nahezu parallel verlaufend, am inneren oberen Winkel des Schulterblattes (Taf. I, Fig. 2 und 3, *wi*) seinen Ansatz hat und diesen Winkel bei seiner Zusammenziehung hebt. Dieser Muskel konnte in Fig. 1 nicht aufgenommen werden.

Ergänzend mag noch der ebenfalls nicht aufgenommene große, sägeförmige Muskel (*M. serratus anticus major*) erwähnt werden, der mit 8—9 Zacken an den 8—9 oberen Rippen entspringt und sich am inneren Rande des Schulterblattes (Taf. I, Fig. 1, *i*) ansetzt. Er erscheint zum größten Teil vom großen Brustmuskel (*p*, Taf. III, Fig. 2) bedeckt. Betreffend seine Funktion hält er das Schulterblatt fest und ist zugleich Vorwärtzieher desselben.

Der breite Rückenmuskel (*M. latissimus dorsi*), der ein Rumpfmuskel ist (Taf. III, Fig. 1, *l*), zeigt deutlich schief aufsteigende Fasern, mit denen er sich über die Seitenwand des Brustkorbes windet. Der Muskel zeigt eine dreiseitige Begrenzung. Seinen Ansatz nimmt derselbe vom VII. oder VIII. Brustwirbel ab auch an sämtlichen Lenden- und Kreuzwirbeln (I—V) und den folgenden vermittelt einer breiten Sehne (*f*). Auch erscheint er an den letzten Rippen mit 3 bis 4 Fleischzacken fixiert. Schließlich gehen sämtliche Fasern in eine platte Endsehne über, die nach aufwärts bis unterhalb des kleinen Hockers des Oberarms zieht, wo sie an dessen Leiste (Taf. II, Fig. 2, *sp*) ihren Ansatz findet. Seine Funktion besteht darin, daß er den Arm nach unten und hinten zieht.

angle of the same (picture 1 fig. 2 and fig. 3), moves away from the spine towards the outside. Thus a swivel of the shoulder-blade. The *M. rhomboides* is also a shoulder-girdle muscle (fig. 1 *r*) and is covered with the exception of a small section, by the trapezius and the broad dorsal muscle. It adheres to the two last cervical vertebrae (in the figure only the last, seventh, cervical vertebra is visible, as the last but one appears covered by the cervical ligament) and the 4 (I—IV) upper thoracic vertebrae and finds its side insertion on the inner edge (*p*) of the shoulder-blade (the inside edge also visible on picture 1 fig. 2 and 3 at *i*). Regarding its functions, it is able to draw the shoulder-blade upwards and towards the spine and to turn it so, that its lower angle (picture 1, fig. 2 and 3, *wu*) moves toward the spine, thus contrary to the effect of the trapezius.

Another shoulder-girdle muscle is the elevator of the shoulder or of the shoulder-blade (*M. levator scapulae*) having its origin on the four upper cervical vertebrae and its insertion inclined, downwards subsiding nearly parallel to the square muscle, on the inner upper angle of the shoulder-blade (picture 1, fig. 2 and 3 *wi*) lifting this angle when it contracts. This muscle could not be shown in fig. 1.

By way of a complement, the big serrated muscle (*M. serratus anticus major*), also not shown in fig. 1, might be mentioned, which arises with 8 to 9 serrations on the 8 to 9 upper ribs and inserts itself on the inner edge of the shoulder-blade (picture 1, fig. 1 *i*). It seems to be covered for the greater part by the *pectoralis major* (*p*, picture 3, fig. 2). With regards to its functions, it holds the shoulder-blade fast and at the same time draws it onwards.

The broad dorsal muscle which is a trunk arm muscle (*M. latissimus dorsi*), shows distinctly inclined ascending fibres; with these (picture III, fig. 1 *i*), it winds over the side surfaces of the thorax. The muscle shows a threesided termination. Its insertion begins from the 7th or 8th thoracic vertebra, also on all lumbar and sacral vertebrae (I—IV) and the following by means of a broad sinew (*f*). It also appears to be fixed on the last ribs with 3—4 fleshy serrations. Finally all fibres pass over in a flat final sinew, which draws upwards till underneath the little tubercle of the upper arm, where it finds its insertion on the border of the latter (picture II, fig. 2 *sp*). Its function is to draw the arm downwards and backwards.

Schultermuskeln.

Der Deltamuskel (*M. deltoideus*, d, Taf. III, Fig. 1) hat seinen Ursprung dem Ansatz des Kappmuskels gegenüber an der Schultergräte (s) der Schulterhöhe (a), und, sich nach vorn herumschlagend (Taf. III, Fig. 2, bei d), am seitlichen Drittel des Schlüsselbeins. In letzterer Figur sieht man auch, wie der Deltamuskel an den großen Brustmuskel (p) dicht herantritt und sich mit der Sehne (s) desselben vereinigt. Die Fleischbündel des Deltamuskels sammeln sich schließlich in einer kurzen Sehne, mit der er seinen Ansatz an der äußeren Fläche des Oberarms ober der Mitte desselben findet (Fig. 1 bei q). Betreffs der Funktion vermag die vordere Portion (*Portio claviculæ* Taf. III, Fig. 2, d), die sich, wie oben gesagt, mit dem großen Brustmuskel vereinigt und am äußeren Drittel des Schlüsselbeins ansetzt, den Arm vorwärts, die hintere Portion, die sich an der Schultergräte ansetzt (*Portio spinalis*), den Arm rückwärts und die zwischen beiden gelegene mittlere Portion den Arm gerade seitwärts (vom Rumpf weg) auszustrecken. Aus all dem geht hervor, daß der Deltamuskel vorzüglich Heber des Armes ist. Der Unterschulterblattmuskel (*M. subscapularis*) konnte auf Taf. III, Fig. 5, s nur fragmentarisch dargestellt werden. Auf dieser Figur ist der Strecker des Armes zu sehen, und da dieselbe ihre innere Seite uns zuwendet, konnte auch die vordere, dem Brustkorbe anliegende Fläche des Schulterblattes mit dem darauf befindlichen Muskel zum Teil aufgenommen werden. Der Muskel hat seinen Ansatz an der vorderen Schulterblattfläche, die er auch vollständig ausfüllt, und geht in eine platte Sehne über, mit der er sich am kleinen Höcker (Fig. 5, t) des Oberarmes und dem obersten Teil seiner Leiste anheftet. Er dreht den Arm nach einwärts.

Der Obergrätenmuskel (*M. supraspinatus*, Taf. IV, Fig. 1, p) hat seinen Ursprung in der Obergrätengrube (*Fossa supraspinata*) und verläuft zum oberen Ende des großen Höckers des Oberarmes (tm), wo er seinen Ansatz findet. Er hebt den Arm und rollt ihn auswärts.

Der Untergrätenmuskel (*M. infraspinatus*, Taf. IV, Fig. 1, q). Dieser entspringt in der Untergrätengrube und verläuft zum großen Höcker des Oberarmbeins (tm), wo er sich an seiner mittleren Facette ansetzt. Er rollt den Arm auswärts und zieht ihn zugleich nieder. Dieser Muskel ist auf Taf. III, Fig. 1, bei i sichtbar.

Der kleine runde Armmuskel (*M. teres minor*, Taf. IV, Fig. 1, r) entspringt am äußeren Schulterblatt- und verläuft mit seiner Endsehne zum großen Höcker des Oberarmbeins (tm), wo er sich an dessen

Shoulder muscles.

The deltoid muscle (*M. deltoideus*, d picture III, fig. 1) has its origin opposite the insertion of the trapezius on the spine of the scapula (s), the acromion extension (a) and, striking to the front (Picture III, fig. 2 at d) on the lateral third of the clavicle. In the latter figure it can also be seen how the deltoid approaches very nearly the pectoralis major (p) and associates with the sinew (s) of the same. The fleshy bundles of the deltoid muscle gather finally in a short sinew and with this it finds its insertion on the outer surface of the upper-arm over the middle of the same, (fig. 1 at q). Regarding its functions the following may be said: The front portion (*portio claviculæ*) Picture III, fig. 2 d, which joins, as mentioned above, with the pectoralis major and inserts itself on the outer third of the clavicle, stretches the arm forwards, the back portion, which inserts itself on the spine of the scapula (*portio spinalis*), stretches the arm backwards, and the middle portion, situated between the two others, stretches the arm straight sideways (from the trunk). From all this results, that the deltoid muscle is the principal elevator of the arm. The undershoulder-blade muscle (*M. subscapularis*) could only be represented in fragments on picture III, fig. 5 s. On this figure the stretcher of the arm can be seen, and as this figure turns towards us its inner side, there also could be represented partly the frontal surface of the shoulder-blade, with the muscle attached on it placed on the thorax. The muscle has its insertion on the frontal surface of the shoulder-blade, filling it up entirely, and subsides in a flat sinew, with which it affixes itself to the little tubercle (fig. 5, t) of the upper-arm and the highest part of its ledge. It turns the arm inwards.

The *M. supraspinatus* (Picture IV, fig. 1 p), has its origin in the fossa supraspinata and subsides as far as the upper end of the big tubercle of the upper-arm (tm), where it finds its insertion.

The *M. infraspinatus* (Picture IV, fig. 1 q). This arises in the fossa infraspinata and stretches to the big tubercle of the humerus (tm) where it attaches itself to its middle facette. It rolls the arm outwards and at the same time pulls it down. This muscle is visible on picture III, fig. 1 at i.

The little round arm-muscle (*M. teres minor*, picture IV, fig. 1, r) arises at the outer shoulder-blade and subsides with its last sinew to the big tubercle of the humerus (tm), where it sets it attaches itself to the lower facette of the same. It is difficult to separate it from the *M. infraspinatus*. It draws the arm downwards rolling it outwards.

The big round arm muscle attaches itself to the lower angle and the lower part of the outer edge of the

unterer Facette ansetzt. Er ist vom Untergräten-muskel schwer zu trennen. Er zieht den Arm nieder und rollt ihn auswärts.

Der große runde Armmuskel (*y*, Taf. IV, Fig. 1, *M. teres major*) setzt sich am unteren Winkel und unteren Teil des äußeren Schulterblattrandes an und verläuft zur Innenseite des Oberarmes, wo er sich mit der Sehne des breiten Rücken Muskels vereinigt und sich gleich diesem an der Leiste des kleinen Höckers des Oberarmes anheftet (Taf. II, Fig. 2, *sp'*). Er ist Anzieher und Einwärtsdreher des Armes.

Brustmuskeln.

Der große Brustmuskel (*p*, Taf. III, Fig. 2, *M. pectoralis major*). Er ist ein breiter Rumpfarm-muskel und entspringt am inneren (medialen) Drittel des Schlüsselbeins, an der vorderen Fläche des Brustbeins (*b*) und an den Knorpeln der oberen wahren Rippen (in Fig. 2 rechts fragmentarisch eingezeichnet, *r*). Häufig reicht sein Ansatz bis zur breiten Sehne (*x*) des äußeren schiefen Bauchmuskels. Mit einer starken, breiten Sehne (*s*) setzt er sich an der Leiste des großen Höckers des Oberarmbeins (Taf. II, Fig. 2, *sp*) an. Er zieht den Arm gegen die Brust und rollt ihn einwärts.

Der kleine Brustmuskel (*M. pectoralis minor*). Dieser wird vom großen Brustmuskel vollends verdeckt und erscheint in Fig. 2 nicht aufgenommen. Er entspringt mit 3—4 Zacken an der äußeren Fläche der zweiten bis fünften Rippe und zieht schief aufwärts zum Rabenschnabelfortsatz des Schulterblattes, wo er seinen Ansatz findet. Er zieht die Schulter nieder.

Die Muskeln des Oberarmes.

Diese Muskeln zeigen eine langgestreckte Form und sind dem Knochen entlang gelegt. Wir müssen hier zwei Gruppen unterscheiden: eine vordere, Beugergruppe und eine hintere oder Streckergruppe.

Beugergruppe.

Der zweiköpfige Armmuskel (Taf. III, Fig. 2, *z*, *M. biceps brachii*). Dieser entspringt mit zwei Köpfen am Schulterblatt und setzt sich mit einer gemeinschaftlichen Endsehne am Vorderarme bei *m*, zwischen den Speichen- und Beugemuskeln in die Tiefe dringend, an der Rauigkeit des Radius (Speiche) an (Taf. II, Fig. 3 bei *t*). Taf. III, Fig. 3 zeigt uns die oberen Ansätze (Ursprung) dieses Muskels. Der seitliche lange Kopf (*cl*, *caput longum*) konnte erst nach Eröffnung der Schultergelenkkapsel, die in der Figur nach oben geschlagen erscheint, sichtbar gemacht werden. Er verläuft also innerhalb der Ge-

shoulder-blade and subsides towards the inside of the upper-arm, where it joins with the sinew of the broad dorsal muscle and affixes itself like this one on the little tubercle of the upper-arm (picture II, fig. 2, *sp'*). It is the adductor of the arm and turns it inwards.

Pectoral muscles.

The great pectoral muscle (*p*, picture III, fig. 2, *M. pectoralis major*). This is a broad trunk arm-muscle and arises on the inner third (medial) of the clavicle, on the frontal surface of the breast bone (*b*) and on the cartilages of the upper true ribs (drawn in fig. 2 to the right fragmentary, *r*). Frequently its insertion reaches to the broad sinew of the outer inclined abdominal muscle (*x*). It affixes itself with a strong, broad sinew (*s*) to the ledge of the big tubercle of the humerus (Picture II, fig. 2, *sp*). It draws the arm towards the breast, bending it inwards.

The little pectoral muscle (*M. pectoralis minor*). This is entirely covered by the great pectoral muscle and is not designed in fig. 2. It arises with three to four serrations on the outer surface of the second to fifth rib and moves inclined upwards to the coracoid extension of the shoulder-blade, where it finds its insertion. It draws the shoulder down.

The muscles of the upper-arm.

These muscles show a stretched form and are situated along the bone. We have to distinguish here between two groups, a front flexor group and a back or stretcher group.

Flexor muscles.

The two-headed arm-muscle (pict. III, fig. 2, *z*, *M. biceps brachii*). This arises with two heads on the shoulder-blade and affixes itself to the roughness of the radius with a mutual final sinew on the fore-arm at *m*, pressing to the depth between radial- and flexor-muscles (picture II, fig. 3 at *t*). Picture III, fig. 3 shows us the upper insertions (origin) of this muscle. The lateral long head (*cl*, *caput longum*) could only be made visible after opening the shoulder-blade capsule, which appears in the figure turned upwards. It subsides thus inside the articular capsule and arises on the upper end of the pan. On picture II, fig. 2

lenkscapsel und entspringt am oberen Ende der Pfanne. Auf Taf. II, Fig. 2 sieht man eine Furche zwischen dem großen und kleinen Oberarmhöcker (*si*, *sinus intertubercularis*). In dieser Furche verläuft der lange Kopf nach abwärts und vereinigt sich — den Gelenkraum verlassend — schließlich mit dem zweiten, sogenannten kurzen Kopf (*cb*, *caput breve*). Letzterer, mit dem Rabenarmmuskel (*r*) verwachsen, nimmt gemeinschaftlich mit ihm seinen Ursprung am Rabenschnabelfortsatz (*pc*). Nach Vereinigung der beiden Köpfe zu einem Fleischbauch, etwa in der Mitte des Oberarmes, geht letzterer schließlich in eine plattrunde, starke Endsehne über, mit der er sich in die Tiefe der Ellbogengrube begibt, um an der oben besprochenen Rauhigkeit der Speiche seinen Ansatz zu finden. Auch Taf. IV, Fig. 2 bei *b* zeigt diese Verhältnisse. Seine Funktion betreffend ist er in erster Linie Beuger des Vorderarmes, indem er diesen dem Oberarme nähert. Denkt man sich den Vorderarm in Pronationsstellung, d. h. den Handrücken nach vorn gewendet und den Daumen dem Rumpfe zugekehrt, so wird der Muskel den Vorderarm bei seiner Zusammenziehung auswärts drehen (*supinieren*). Da er mit beiden Köpfen am Schulterblatt angreift, kann er auch im Sinne der Beugung auf das Schultergelenk wirken.

Der Rabenarmmuskel (*r*, Taf. III, Fig. 3 und 4) entspringt mit dem kurzen Kopf des zweiköpfigen Muskels (*cb*) vereint am Rabenschnabelfortsatz (*pc*) und hat sein Ende, wie Fig. 4 zeigt, an der oberen Hälfte des Oberarmknochens. Er wirkt als Beuger auf das Schultergelenk, ferner vermag er den Arm einwärts (gegen den Rumpf hin) und vorwärts zu ziehen.

Der innere Armmuskel (*y*, Taf. III, Fig. 4, *M. brachialis internus*) setzt sich an der inneren Fläche des Oberarmes mit zwei Zacken an (unter dem Ansatz des Deltamuskels) und zieht über die untere Hälfte des Oberarmknochens und die Beugeseite des Ellbogengelenks herab, um sich an der Rauhigkeit der Elle (*tu*) anzuheften. Er wird zum größten Teil vom zweiköpfigen Muskel bedeckt. Die Rauhigkeit der Elle ist Taf. II, Fig. 3 bei *t'* sichtbar. Er beugt den Vorderarm.

Streckergruppe an der Hinterfläche des Oberarmes.

Der dreiköpfige Streckmuskel des Armes (*tr*, Taf. III, Fig. 5, *M. triceps brachii*) wird, wie die Figur deutlich zeigt, von drei getrennten Fleischköpfen dargestellt, welche sich nach unten hin in einer gemeinschaftlichen Sehne vereinigen. Denken wir uns die Armstellung derart, daß der Handteller nach

we see a furrow between the great and the small tubercle of the upper-arm (*si*, *sinus intertubercularis*). In this furrow the long head subsides downwards and joins, leaving the joint-space, finally with the second, so-called short head (*cb*, *caput breve*). The latter, grown together with the coracoid arm muscle (*r*), has jointly with it its origin on the coracoid extension (*pc*). After junction of the two heads to a fleshy belly, about in the middle of the upper-arm, the latter changes finally into a flat round, strong final sinew; with this it proceeds to the depth of the elbow cavity to find its insertion on the roughness of the radius described above. Also picture IV, fig. 2 at *b* shows these conditions. Regarding its functions, it is in the first place the flexor muscle of the fore-arm, approaching this to the upper-arm. If we imagine the fore-arm in pronatory position, that means, the back of the hand turned to the front and the thumb towards the trunk, then the muscle will turn the fore-arm in contracting outwards (*supinate*). As it touches with both heads on the shoulder-blade, it can also react in the sense of bending on the shoulder joint.

The coracoid arm muscle (*r*, picture III, fig. 3 and 4) arises with the short head of the two-headed muscle (*cb*) joined on the coracoid extension (*pc*) and has its end, as shown in fig. 4, on the upper half of the humerus. It works as flexor muscle on the shoulder joint; it can also draw the arm inwards (towards the trunk) and forwards.

The inner arm muscle (*y*, picture III, fig. 4, *M. brachialis internus*) affixes itself to the inner surface of the upper-arm with two serrations (under the insertion of the deltoid muscle) and moves down over the lower half of the humerus and the flexor side of the elbow joint to affix itself on the roughness of the ulna (*tu*). It is covered for the greater part by the two-headed muscle. The roughness of the ulna is visible on picture II, fig. 3 at *t'*. It bends the fore-arm.

Stretcher-group on the back surface of the upper-arm.

The three-headed extensor of the arm (*tr*, picture III, fig. 5, *M. triceps brachii*) is represented, as distinctly shown in the figure, by three separated fleshy heads, joining downwards in a joint sinew. Let us imagine the position of the arm in such a way that the palm of the hand appears to be turned to

vorn und oben gewendet und das Ellbogengelenk gebeugt erscheint, so werden wir uns nach der gegebenen Figur leicht orientieren können. Der innere, dem Rumpfe zugewendete Kopf ist der kürzeste (*ci*) und setzt sich am Oberarmbein unterhalb des kleinen Höckers (*t*) an. Der seitliche, äußere Kopf (*ce*) setzt sich an der entgegengesetzten Seite des Oberarmbeins und bis zum großen Höcker hinaufreichend an, während der dritte lange Kopf (*cl*) am äußeren Schulterblatttrande unmittelbar unter der Gelenkpfanne sich anheftet. Die Anheftungsstelle ist auf Taf. I, Fig. 2, bei *t* sichtbar. Die gemeinschaftliche Endsehne der drei Köpfe setzt sich am Hakenfortsatz der Elle (*o*, *olecranon*) an. Er ist Strecker des Vorderarmes.

Ergänzend mag hier der kleine Ellbogenmuskel (*M. anconaeus quartus*, Taf. V, Fig. 1, bei *a* und Taf. IV, Fig. 4, *a*) erwähnt werden. Er entspringt am äußeren Höcker des Oberarmes (*e*, Taf. V, Fig. 1) und heftet sich an der äußeren Fläche des oberen Drittels der Elle an. Er ist ebenfalls Strecker des Vorderarmes.

Vorderarmmuskeln.

Um eine übersichtliche Darstellung derselben geben zu können, wollen wir sie in drei Abteilungen bringen und jede für sich besprechen.

I. Abteilung.

Muskeln der Vorder- oder Hohlhandseite des Unterarmes (Taf. IV, Fig. 2).

Diese Muskeln überlagern beide Vorderarmknochen in drei Schichten. Die erste Schichte umfaßt vier Muskeln, welche mit einem gemeinschaftlichen Kopfe am inneren Knorren des Oberarmbeins (*ci*) und seiner Umgebung entspringen. Diese sind:

Der runde Einwärtsdreher (*p*, *M. pronator teres*) verläuft schief über das Ellbogengelenk nach abwärts und setzt sich an der seitlichen und vorderen Fläche der Speiche, entsprechend seiner Mitte, an. (Bekanntlich liegt die Speiche an der Daumenseite, die Elle an der Kleinfingerseite). Da er am Oberarm, u. zw. am inneren Knorren angreift, ist er Beuger im Ellbogengelenk und seiner Lage und Anheftung entsprechend Einwärtsdreher des Vorderarmes.

Der sich anschließende Muskel ist der innere Speichenmuskel (*r*, *M. radialis internus*). Er wird unterhalb der Mitte des Vorderarmes sehnig und verläuft unter dem Querband (*q*) zur Basis (dem oberen Ende) des Mittelhandknochens des Zeigefingers, wo er seinen Ansatz findet. Dieser Ansatz ist auch auf Taf. V, Fig. 2 bei *r* sichtbar. Aus seinen Ansatzpunkten und seinem Verlauf ergibt sich, daß er sowohl das Hand- als auch das Ellbogengelenk zu beugen und den Vorderarm nach einwärts zu drehen vermag.

the front and upwards and the elbow-joint bent, so we shall be able to follow very easily the given figure. The inside head, turned towards the trunk, is the shortest (*ci*) and affixes itself to the humerus underneath the little tubercle (*t*). The lateral, outside head (*ce*) begins on the opposite side of the humerus and reaches up to the great tubercle, while the third long head (*cl*) affixes itself on the outer edge of the shoulder-blade immediately under the articular cavity. The affixing place is visible on picture I, fig. 2 at *t*. The common final sinew of the three heads affixes itself to the coracoid extension of the ulna (*o*, *olecranon*). It is the stretcher of the fore-arm.

Supplementarily the little elbow muscle (*M. anconaeus quartus*, picture V, fig. 1 at *a* and picture 4, fig. 4, *a*) might be mentioned. It arises on the outer tubercle of the upper-arm (*e*, picture V, fig. 1) and attaches itself on the outer surface of the upper third of the ulna. It is also stretcher of the fore-arm.

Muscles of the fore-arm.

To be able to give a distinct representation, we will present them in three sections and talk separately about each one.

I. section.

Muscles of the fore-hand or palmar side of the fore-arm (picture IV, fig. 2).

These muscles lodge over both bones of the fore-arm in three layers. The first layer comprises four muscles, which arise with a joint head on the inner protuberance of the humerus (*ci*) and its surroundings. These are:

The round pronator muscle (*p*, *M. pronator teres*) subsides inclined over the elbow-joint downwards and affixes itself to the lateral and frontal surface of the radius, according to its centre. (We know that the radius lies on the side of the thumb, the ulna on the ulnar margin). As it touches on the upper-arm at the inner protuberance, it is the flexor-muscle in the elbow joint and, according to its position and adherence, inflector of the fore-arm.

The adjoining muscle is the inner radial muscle (*r*, *M. radialis internus*). It becomes sinewy underneath the middle of the fore-arm and subsides under the transverse ligament (*q*) to the basis (the upper end) of the metacarpal bone of the fore-finger, where it finds its insertion. This insertion is also visible on picture V, fig. 2 at *r*. It results from its points of insertion and its course, that it may as well bend the wrist as the elbow-joint and turn the fore-arm inwards.

Der lange Hohlhandmuskel (*h*, *M. palmaris longus*), der sehr oft fehlt, setzt sich mit verbreiteter Sehne am Querband (*q*) und dem Bandapparat der Hohlhand an. Er ist vornehmlich Beuger der Hand, vermag aber auch infolge seines oberen Ansatzes auf das Ellenbogengelenk im Sinne der Beugung zu wirken.

Der innere Ellbogenmuskel (*u*, *M. ulnaris internus*) entspringt mit zwei Zacken, von denen eine, wie oben erwähnt, am inneren Knorren des Oberarmbeins haftet und dem gemeinschaftlichen Kopfe angehört, während die andere am Hakenfortsatz (*olecranon*) und der hinteren Kante der Elle haftet. Er setzt sich unten an der Basis des Mittelhandknochens des fünften Fingers an (Taf. V, Fig. 2 bei *u*). Er ist Beuger des Ellbogen- und Handgelenks und Abzieher der Hand.

Zweite Schichte (Taf. IV, Fig. 2).

Diese umfaßt bloß einen Muskel, der zum großen Teil von den oben genannten Muskeln bedeckt wird. Es ist dies der hochliegende Fingerbeuger (*f*, *M. flexor digitorum sublimis*), der ebenfalls von dem oben genannten gemeinschaftlichen Kopf (Ansatz am inneren Knorren des Oberarmbeins) her kommt, während seines Verlaufes neue Fleischbündel von der Mitte der Speiche aufnimmt und sich in der Mitte des Unterarmes in vier runde Sehnen spaltet (von denen in Fig. 2 ober dem Querband nur zwei, in der Hohlhand alle vier zu sehen sind), die unter dem Querband zu den vier dreigliedrigen Fingern herabgehen. Jede dieser Sehnen zeigt an der Grundphalanx (erstes Fingerglied) einen Schlitz (*l*) und setzt sich an den Seitenrändern des zweiten Fingergliedes an. Die Funktionen betreffend vermag er das zweite Fingerglied der vier dreigliedrigen Finger zu beugen; da er sowohl über das Hand- als auch über das Ellbogengelenk hinwegzieht, wirkt er auf beide Gelenke im Sinne der Beugung.

Dritte Schichte (Taf. IV, Fig. 3).

Diese kommt nach Entfernung der zwei ersten Schichten zum Vorschein und besteht aus drei Muskeln.

Der tiefliegende Fingerbeuger (*f*, *M. flexor digitorum profundus*) hat seinen Ursprung an der Vorderfläche, resp. Hohlhandfläche der Elle und dem angrenzenden Zwischenknochenband (*li*, *ligamentum interosseum*) und zieht, in vier Sehnen geteilt, unter dem Querband zur Hohlhand. Am ersten Fingergliede erscheinen sie durch die Spalten der Sehnen des hochliegenden Fingerbeugers durchgeschoben (2, Taf. IV, Fig. 2) und verlaufen bis zur Basis des Endgliedes, wo sie sich ansetzen (Fig. 3, *s*). Er ist Beuger des letzten Fingergliedes der vier dreigliedrigen Finger (Nagelgliedes) und, da er über das Handgelenk hinwegzieht, auch Beuger dieses Gelenks.

The long muscle of the palm (*h*, *M. palmaris longus*), very frequently missing, adheres with broadened sinew to the transverse ligament (*q*) and the ligamentous apparatus of the palm. It is principally the flexor muscle of the hand, but may also work in the sense of bending in consequence of its upper insertion on the elbow-joint.

The inner elbow muscle (*u*, *M. ulnaris internus*) arises with two serrations, the one, as mentioned above, affixed on the inner protuberance of the humerus and belonging to the joint head, the other being affixed to the coracoid extension (*olecranon*) and the back angle of the ulna. It adheres to the basis of the metacarpal bone of the fifth finger (picture V, fig. 2 at *u*). It is the flexor muscle of the elbow joint and the wrist and abductor of the hand.

Second section (Picture IV, fig. 2).

This contains only one muscle, which is covered to a great extent by the muscles named above. It is the high lying flexor digitorum (*f*, *M. flexor digitorum sublimis*), which comes also from the joint head named above (insertion on the inner protuberance of the humerus), takes up new fleshy bundles during its course from the middle of the radius and splits in the middle of the fore-arm in four round sinews; of these all four are to be seen in the palm, in fig. 2 over the transverse ligament only two, going down under the transverse ligament to the four three-linked fingers. Each of these sinews shows on the first phalanx a slit (*l*) and adheres to the side edges of the second phalanx. Regarding its function, it can bend the second phalanx of the four three-membered fingers; as it draws over the wrist as well as over the elbow joint, it works on both joints in the sense of bending.

Third section (picture IV, fig. 3).

This one puts in an appearance after removing the first 2 sections and consists of three muscles.

The deep seated flexor digitorum (*f*, *M. flexor digitorum profundus*) has its origin on the frontal surface, palm of the ulna and the adjoining interosseous ligament (*li*, *ligamentum interosseum*) and goes, parted in four sinews, under the transverse ligament to the palm. On the first phalanx they appear shoved through the splits of the sinews of the high seated flexor digitorum (2 picture IV, fig. 2) and subside to the basis of the terminal member, where they adhere (fig. 3, *s*). It is the flexor muscle of the last phalanx of the four three-membered fingers (terminal phalanx) and, as it draws over the wrist, also flexor muscle of this joint.

Der lange Beuger des Daumens (*d. M. flexor pollicis longus*) entspringt an der Vorderfläche des Radius und dem angrenzenden Zwischenknochenband (*li*) und setzt sich mit seiner Sehne am Endgliede des Daumens an. Er ist Beuger des Daumens.

Der viereckige Einwärtsdreher (*p. M. pronator quadratus*) besteht aus quer und parallel verlaufenden Fleischfaserbündeln, die an der Elle entspringen und fast in gleicher Höhe an der Speiche sich ansetzen.

Der Muskel ist vierseitig und platt und bedeckt das untere Ende der Vorderarmknochen und das untere Drehgelenk zwischen Speiche und Elle. Er ist Einwärtsdreher der Hand. Nach Abschluß der ersten Abteilung weise ich noch auf Taf. V, Fig. 2, wo das Verhältnis der Sehnen des tiefliegenden Beugers zu denen des hochliegenden Beugers besonders klar dargestellt erscheint:

y stellt eine Sehne des hochliegenden Beugers dar, die sich am ersten Fingergliede spaltet und mit den zwei Zacken an den Seitenflächen des zweiten Fingergliedes anheftet. Durch den Schlitz sieht man die Sehne des tiefliegenden Beugers hervortreten (*z*), die bis zum Endgliede des Fingers verläuft, wo sie ihren Ansatz findet. Es hat den Anschein, als würde die hochliegende Sehne von der tiefliegenden durchbohrt werden.

II. Abteilung.

Die an der Speichenseite gelegenen Muskeln setzen sich aus vier aufeinandergeschichteten Einzelmuskeln zusammen, die die Speiche vollkommen einhüllen. Sie haben ihren Ursprung am äußeren Knorren des Oberarmbeins (Taf. II, Fig. 5, *el*) und zum Teil an der diesem Knorren entsprechenden Leiste (*y* derselben Figur) des unteren Oberarmdrittels.

Der lange Auswärtsdreher (*s*, Taf. IV, Fig. 2 und Fig. 4, *M. supinator longus*) geht mit seinem Ursprung über den äußeren Knorren entlang der äußeren Leiste des Oberarmbeins hinauf und übergeht unterhalb der Mitte des Vorderarmes in eine bandartige Sehne, mit der er sich am Griffelfortsatz der Speiche anheftet (siehe auch Taf. II, Fig. 3, *pr*). Er ist vornehmlich Beuger des Vorderarmes und beteiligt sich auch in geringerem Grade an der Auswärtsrollung des Vorderarmes (Supination).

Der lange äußere Speichenmuskel (*r*, Fig. 4, *M. radialis externus longus*) entspringt in gleicher Weise wie der vorherbesprochene Muskel (über dem äußeren Knorren des Oberarmbeins) und setzt sich mit seiner Sehne an der Basis (oberes Ende) des Mittelhandknochens des Zeigefingers an. Taf. V, Fig. 1, bei *rl* zeigt uns die abgeschnittene Endsehne dieses Muskels, wie sie zu ihrem Ansatzpunkt verläuft.

The long flexor muscle of the thumb (*d. M. flexor pollicis longus*) arises on the frontal surface of the radius and the adjoining interosseous ligament (*li*) and adheres to the terminal member of the thumb with its sinew. It is flexor muscle of the thumb.

The square pronator muscle (*p. M. pronator quadratus*) consists of bundles of primitive fibres, subsiding crosswise and parallel; these arise on the ulna and affix themselves to the radius in nearly equal height.

The muscle is square and flat and covers the lower end of the bones of the fore-arm and the lower diarthrosis rotatoria between ulna and radius. It is the pronator muscle of the hand. After finishing the first section, I refer picture V, fig. 2, where the relation of the sinews of the deep seated flexor muscle to those of the high seated flexor muscle is made particularly clear.

y represents a sinew of the high lying flexor muscle, splitting on the first phalanx and affixed with the two serrations on the lateral sides of the second phalanx. One sees through the slit the sinew of the low lying flexor muscle protrude (*z*) subsiding to the terminal member of the finger, where it finds its insertion. It appears, as if the high lying sinew would be pierced by the low lying.

II. section.

The muscles situated at the radial side are composed of four single muscles arranged over each other enveloping entirely the radius. They have their origin on the outer protuberance of the humerus (picture II, fig. 5, *el*) and partly on the ledge of the lower third of the upper-arm corresponding to this protuberance (*y* of the same figure).

The long supinator (*s*, picture IV, fig. 2 and 4, *M. supinator longus*) passes with its origin over the outer protuberance along the outer ledge of the humerus and passes over under the middle of the fore-arm in a ligament like sinew; with this it affixes itself to the styloid extension of the radius (vide also picture II, fig. 3, *pr*). It is principally flexor muscle of the fore-arm and takes also part in a lesser degree in the bending outwards of the fore-arm (supination).

The long outer radial muscle (*r*, fig. 4, *M. radialis externus longus*) arises in the same fashion as the one described before (over the outer protuberance of the humerus) and adheres with its sinew to the basis (upper end) of the metacarpal bone of the fore-finger. Picture V, fig. 1 at *rl* shows us the cut off terminal phalanx of this muscle, and how it subsides to its insertion point. It is principally stretcher and adductor of the hand. The inwards movement must

Der lange Beuger des Daumens (*d. M. flexor pollicis longus*) entspringt an der Vorderfläche des Radius und dem angrenzenden Zwischenknochenband (*h*) und setzt sich mit seiner Sehne am Endgliede des Daumens an. Er ist Beuger des Daumens.

Der viereckige Einwärtsdreher (*p. M. pronator quadratus*) besteht aus quer und parallel verlaufenden Fleischfaserbündeln, die an der Elle entspringen und fast in gleicher Höhe an der Speiche sich ansetzen.

Der Muskel ist vierseitig und platt und bedeckt das untere Ende der Vorderarmknochen und das untere Drehgelenk zwischen Speiche und Elle. Er ist Einwärtsdreher der Hand. Nach Abschluß der ersten Abteilung weise ich noch auf Taf. V, Fig. 2, wo das Verhältnis der Sehnen des tiefliegenden Beugers zu denen des hochliegenden Beugers besonders klar dargestellt erscheint:

y stellt eine Sehne des hochliegenden Beugers dar, die sich am ersten Fingergliede spaltet und mit den zwei Zacken an den Seitenflächen des zweiten Fingergliedes anheftet. Durch den Schlitz sieht man die Sehne des tiefliegenden Beugers hervortreten (*z*), die bis zum Endgliede des Fingers verläuft, wo sie ihren Ansatz findet. Es hat den Anschein, als würde die hochliegende Sehne von der tiefliegenden durchbohrt werden.

II. Abteilung.

Die an der Speichenseite gelegenen Muskeln setzen sich aus vier aufeinandergeschichteten Einzelmuskeln zusammen, die die Speiche vollkommen einhüllen. Sie haben ihren Ursprung am äußeren Knorren des Oberarmbeins (Taf. II, Fig. 5, *el*) und zum Teil an dem diesem Knorren entsprechenden Leiste (*y* derselben Figur) des unteren Oberarmdrittels.

Der lange Auswärtsdreher (*s*, Taf. IV, Fig. 2 und Fig. 4, *M. supinator longus*) geht mit seinem Ursprung über den äußeren Knorren entlang der äußeren Leiste des Oberarmbeins hinauf und übergeht unterhalb der Mitte des Vorderarmes in eine bandartige Sehne, mit der er sich am Griffelfortsatz der Speiche anheftet (siehe auch Taf. II, Fig. 3, *pr*). Er ist vornehmlich Beuger des Vorderarmes und beteiligt sich auch in geringerem Grade an der Auswärtsrollung des Vorderarmes (Supination).

Der lange äußere Speichenmuskel (*r*, Fig. 4, *M. radialis externus longus*) entspringt in gleicher Weise wie der vorherbesprochene Muskel (über dem äußeren Knorren des Oberarmbeins) und setzt sich mit seiner Sehne an der Basis (oberen Ende) des Mittelhandknochens des Zeigefingers an. Taf. V, Fig. 1, bei *rl* zeigt uns die abgeschnittene Endsehne dieses Muskels, wie sie zu ihrem Ansatzpunkt verläuft.

The long flexor muscle of the thumb (*d. M. flexor pollicis longus*) arises on the frontal surface of the radius and the adjoining interosseous ligament (*h*) and adheres to the terminal member of the thumb with its sinew. It is flexor muscle of the thumb.

The square pronator muscle (*p. M. pronator quadratus*) consists of bundles of primitive fibres, subsiding crosswise and parallel; these arise on the ulna and affix themselves to the radius in nearly equal height.

The muscle is square and flat and covers the lower end of the bones of the fore-arm and the lower diarthrosis rotatoria between ulna and radius. It is the pronator muscle of the hand. After finishing the first section, I refer picture V, fig. 2, where the relation of the sinews of the deep seated flexor muscle to those of the highseated flexor muscle is made particularly clear.

y represents a sinew of the high lying flexor-muscle, splitting on the first phalanx and affixed with the two serrations on the lateral sides of the second phalanx. One sees through the slit the sinew of the low lying flexor muscle protrude (*z*) subsiding to the terminal member of the finger, where it finds its insertion. It appears, as if the high lying sinew would be pierced by the low lying.

II. section.

The muscles situated at the radial side are composed of four single muscles arranged over each other enveloping entirely the radius. They have their origin on the outer protuberance of the humerus (picture II, fig. 5, *el*) and partly on the ledge of the lower third of the upper-arm corresponding to this protuberance (*y* of the same figure).

The long supinator (*s*, picture IV, fig. 2 and 4, *M. supinator longus*) passes with its origin over the outer protuberance along the outer ledge of the humerus and passes over under the middle of the fore-arm in a ligament like sinew; with this it affixes itself to the styloid extension of the radius (vide also picture II, fig. 3, *pr*). It is principally flexor muscle of the fore-arm and takes also part in a lesser degree in the bending outwards of the fore-arm (supination).

The long outer radial muscle (*r*, fig. 4, *M. radialis externus longus*) arises in the same fashion as the one described before (over the outer protuberance of the humerus) and adheres with its sinew to the basis (upper end) of the metacarpal bone of the fore-finger. Picture V, fig. 1 at *rl* shows us the cut off terminal phalanx of this muscle, and how it subsides to its insertion point. It is principally stretcher and adductor of the hand. The inwards movement must

Er ist vornehmlich Strecker und Anzieher der Hand. Die Bewegung nach innen muß bei proniertem Vorderarm (Handrücken nach vorn gewendet) gedacht werden, wobei sich die Handfläche gegen den Rumpf hin bewegt.

Der kurze äußere Speichenmuskel (*b*, Fig. 4, *M. radialis externus brevis*) entspringt, mit dem vorigen verbunden, erst am äußeren Knorren des Oberarmbeins und haftet mit seiner Sehne an der Basis des Mittelhandknochens des Mittelfingers. Seine Endsehne erscheint abgeschnitten dargestellt auf Taf. V, Fig. 1, bei *rb*, wie sie zu ihrem Ansatzpunkt verläuft. Auch er ist Strecker und Anzieher der Hand.

Der kurze Auswärtsdreher (*s*, Taf. V, Fig. 1, *M. supinator brevis*) entspringt am äußeren Knorren des Oberarmbeins (*c*) und, sich um die Speiche schlingend, setzt er sich an ihre vordere innere Fläche an, und zwar in deren Mitte. Er ist ein kräftiger Auswärtsdreher des Vorderarmes.

III. Abteilung.

Die Muskeln an der Rücken- oder Streckseite des Vorderarmes. Hier müssen wir zwei Schichten unterscheiden: eine oberflächliche und eine tiefe.

Erste Schichte (Taf. IV, Fig. 4).

Der äußere Ellbogenmuskel (*u*, *M. ulnaris externus*) entspringt am äußeren daumenwärts gelegenen Knorren des Oberarmbeins, bezieht auch Fleischbündel von der hinteren Fläche der Elle und setzt sich mit seiner Sehne am oberen Ende des Mittelhandknochens des kleinen Fingers bei *z* an. Er ist Strecker und Abzieher der Hand.

Der gemeinschaftliche Fingerstrecker (*ec*, *M. extensor digitorum communis*) entspringt ebenfalls am äußeren Knorren des Oberarmbeins und teilt sich in der Nähe des Handgelenks in vier Sehnen, die am ersten Fingerglied in die Bindegewebsscheide der vier dreigliedrigen Finger übergehen. Diese Scheide spaltet sich in drei Schenkel, von denen der mittlere (*m*) am zweiten Fingerglied, die zwei seitlichen (*l*) an den Seitenrändern des dritten Fingergliedes sich anheften. Letzteres auch auf Taf. V, Fig. 4 bei *m* und *l* sichtbar. Der kleine Finger erhält noch eine fünfte Sehne, die aus einem eigenen Fleischbauch (*em*) hervorgeht, der mit dem Fleischbauch des gemeinschaftlichen Streckers verbunden ist und gleichen Ursprung hat. Diese Sehne verschmilzt mit der vierten Endsehne des gemeinschaftlichen Streckers. Dieser überzählige Strecker (*Extensor digiti minimi proprius*) kann oft fehlen. Die Funktion besteht in Streckung der Finger.

be imagined with pronated fore-arm (back of the hand turned to the front) whereby the palm of the hand moves towards the trunk.

The short outer radial muscle (*b*, fig. 4, *M. radialis externus brevis*) arises, connected with the former, only on the outer protuberance of the humerus and is affixed to the basis of the metacarpal bone of the middle finger with its sinew. Its final sinew may be seen cut off on picture V, fig. 1 at *rb*, and how it subsides to its insertion point; it is also stretcher and adductor of the hand.

The short supinator (*s*, picture V, fig. 1, *M. supinator brevis*) arises on the outer protuberance of the humerus (*c*) and, twisting around the radius, it affixes itself to its forward inner surface, in the middle. It is a powerful supinator of the fore-arm.

III. section.

The muscles on the back- and stretching-side of the fore-arm. We must distinguish here between two layers: a superficial-and a deep one.

First layer (picture IV, fig. 4).

The outer elbow muscle (*u*, *M. ulnaris externus*) arises on the outer protuberance (situated near the thumb) of the humerus, derives also fleshy bundles from the back surface of the ulna and affixes itself with its sinew to the upper end of the metacarpal bone of the little finger at *z*. It is stretcher and abductor of the hand.

The joint extensor digitorum (*ec*, *M. extensor digitorum communis*) arises also on the outer protuberance of the humerus and divides near the wrist in four sinews, changing on the first phalanx into the connective tissue sheath of the four three-membered fingers. This sheath splits into three legs; of these the middle one (*m*) affixes itself on the second phalanx, and the two lateral (*l*) on the side borders of the third phalanx. The latter is also visible on picture V, fig. 4 at *m* and *l*. The little finger has still a fifth sinew, coming forth from one of its own fleshy bundles (*em*), joined to the fleshy belly of the mutual stretcher and having the same origin. This sinew merges with the fourth terminal sinew of the joint flexor muscle. This supernumerary stretcher (*extensor digiti minimi proprius*) may often be wanting. Its function consists in stretching the fingers.

Zweite Schichte (Taf. V, Fig. 1).

Diese umfaßt vier Muskeln, von denen zwei speichenwärts und zwei ellenwärts gelegen sind. Das radiale Paar besteht 1. aus dem langen Abzieher des Daumens (*ad*, *M. abductor pollicis longus*), der an der Hinterfläche (Rückenfläche) der Elle und dem Zwischenknochenband entspringt und sich mit seiner Endsehne an der Basis des Mittelhandknochens des Daumens ansetzt. — Auch Taf. IV, Fig. 4 bei *al*. — Er ist Abzieher des Daumens vom Zeigefinger und in gewissem Grade Auswärtsdreher des Vorderarmes. — 2. dem kurzen Strecker des Daumens (*eb*, *M. extensor pollicis brevis*), welcher mit dem langen Abzieher des Daumens gleichen Ursprung hat und sich am ersten Fingergliede des Daumens anheftet. Auch Taf. IV, Fig. 4 bei *p*. Er ist Strecker des Daumens und Auswärtsdreher des Vorderarmes.

Das ulnare (ellenwärts gelegene) Paar besteht 1. aus dem langen Strecker des Daumens (*el*, *M. extensor pollicis longus*), der ebenfalls an der Hinterfläche der Elle und dem Zwischenknochenband entspringt und am Endgliede des Daumens sich anheftet. Auch er ist Strecker des Daumens. Seine Endsehne ist auf Taf. IV, Fig. 4 bei *pl* sichtbar. Nimmt auch Einfluß auf die Supination des Vorderarmes. 2. aus dem eigenen Strecker des Zeigefingers (*i*, *M. indicator*), der mit dem vorigen gleichen Ursprung hat, und dessen Sehne mit der Zeigefingerssehne des gemeinschaftlichen Fingerstreckers verschmilzt, so daß er das Endglied des Zeigefingers erreicht. Er ist Strecker des Zeigefingers.

Die Muskeln der Hand.

Befassen wir uns mit den auf Fig. 2 dargestellten Muskeln an der Hohlhandseite, so finden wir auf den ersten Blick, daß an den randständigen Mittelhandknochen des Daumens und kleinen Fingers mehrere Muskeln gruppiert sind, welche die Hohlhand als Grube begrenzen. Die Fleischmassen am Daumen bilden den Ballen, die am kleinen Finger den Gegenballen. Die Muskeln des Daumenballens sind: der Gegensteller des Daumens (*o*, *M. opponens pollicis*) entspringt am Querband (*L*) und setzt sich am äußeren Rande des Köpfchens des Mittelhandknochens des Daumens an. Er zieht den Daumen hohlhandwärts.

Der kurze Abzieher des Daumens (*a*, *M. abductor pollicis brevis*). Dieser entspringt ebenfalls am Querband (*L*) und setzt sich am äußeren Rande des ersten Fingergliedes des Daumens an. Er ist Abzieher des Daumens vom Zeigefinger.

Der kurze Beuger des Daumens (*f*, *M. flexor pollicis brevis*), der ebenfalls am Querband und mit

Second layer (picture V, fig. 1).

This contains four muscles; of these two are situated towards the radius and two towards the ulna. The radial pair consists firstly of the long abductor of the thumb (*ad*, *M. abductor pollicis longus*), arising on the back surface of the ulna and the interosseous ligament and affixing itself on the basis of the metacarpal bone of the thumb. Also picture IV, fig. 4 at *al*. It is abductor of the thumb from the fore-finger and in a certain degree supinator of the fore-arm.

2. The short stretcher of the thumb (*eb*, *M. extensor pollicis brevis*), having the same origin as the long abductor of the thumb, affixes itself on the first phalanx of the thumb. Also picture IV, fig. 4 at *p*. It is stretcher of the thumb and supinator of the fore-arm.

The ulnar pair consists of 1) the long stretcher of the thumb (*el*, *M. extensor pollicis longus*) arising also on the back surface of the ulna and the interosseous ligament and affixing itself on the terminal member of the thumb. It is also stretcher of the thumb. Its final sinew is visible on picture IV, fig. 4 at *pl*. It influences also the supination of the fore-arm. 2) its own stretcher of the fore-finger (*i*, *M. indicator*), having the same origin as the former, and whose sinew merges with the sinew of the fore-finger of the joint extensor digitorum, so that it reaches the terminal member of the fore-finger. It is extensor of the fore-finger.

The muscles of the hand.

If we consider the muscles on the palmar side represented on fig. 2, we find immediately, that some muscles are grouped on the marginal metacarpal bones of the thumb and of the little finger, terminating the palm as cavity. The fleshy substances on the thumb shape the palm of the hand, those on the little finger the contra-palm. The muscles of the thenar are: the *M. opponens pollicis*, *o*, arising on the transverse ligament (*L*) and affixing itself on the outer edge of the capitulum of the metacarpal bone of the thumb. It draws the thumb towards the palm.

The short abductor of the thumb (*a*, *M. abductor pollicis brevis*). This arises too on the transverse ligament (*L*) and affixes itself on the outer edge of the first phalanx of the thumb. It is abductor of the thumb from the fore-finger.

The short flexor muscle of the thumb (*f*, *M. flexor pollicis brevis*), arising also on the transverse ligament and with a further share in the trapezium and the unciform bone (*fhp*, Fig. 3), is

einem tieferen Anteil am Trapezbein und Hakenbein (*fbp*, Fig. 3) entspringt, ist Beuger des Daumens und setzt sich ebenfalls am seitlichen Rande des ersten Fingergliedes des Daumens an.

Der Zuzieher des Daumens (*ad*, Fig. 2, *M. adductor pollicis*) entspringt breit am Mittelhandknochen des Mittelfingers und setzt sich am ersten Daumengliede an. Er ist Zuzieher des Daumens.

Die Muskeln des Kleinfingerballens (Taf. V, Fig. 2).

Der Abzieher des kleinen Fingers (*am*, *M. abductor digiti minimi*) entspringt am Erbsenbein (*x*) und setzt sich am Innenrand des ersten Fingergliedes des kleinen Fingers an. Er ist Abzieher des kleinen Fingers.

Der kurze Beuger des kleinen Fingers (*fm*, *M. flexor brevis digiti minimi*) entspringt am Querband (*L*) und am Haken des Hakenbeins (*h*, Fig. 3) und setzt sich ebenfalls am ersten Fingergliede des kleinen Fingers an. Beuger des kleinen Fingers.

Der Gegensteller des kleinen Fingers (*om*, Fig. 2 und 3, *M. opponens digiti minimi*) entspringt ebenso wie der vorhergehende und heftet sich am Köpfchen des Mittelhandknochens und ein Stück aufwärts am Mittelhandknochen des kleinen Fingers an. Er zieht den Mittelhandknochen des kleinen Fingers hohlhandwärts und vermag im Verein mit dem Gegensteller des Daumens die Hand zu höhlen. — Nun hätten wir noch die Zwischenknochen- und Spulwurmmuskeln zu besprechen, denen eine wesentliche Bedeutung bei den Fingerbewegungen beizumessen ist, da sie mit ihren Funktionen die Vorderarmmuskeln, welche auf die Fingerbewegungen Einfluß nehmen, teils unterstützen, teils ihnen in gewissen Grenzen entgegenwirken, um die beabsichtigte Bewegung auf das richtige Maß zurückzuführen. Da ich auf die Muskelwirkungen im physiologischen Teile ausführlich zurückkommen werde, will ich gleich zur Beschreibung derselben übergehen.

Wir unterscheiden drei innere Zwischenknochenmuskeln (Taf. V, Fig. 3, *i 1*, *i 2*, *i 3*, *M. interossei interni*), von denen der erste (*i 1*) seinen Ursprung an der Kleinfingerseite (Ulnarseite) des Mittelhandknochens des Zeigefingers hat, während der zweite (*i 2*) an der Daumenseite (Radialseite) des vierten Fingers und der dritte (*i 3*) an der Radialseite des kleinen Fingers entspringt. Sie setzen sich sämtlich an der Basis der ersten Phalangen (Fingerglieder) an, senden aber auch Sehnenbündel in die Bändergewebsscheide an der Rückenseite der vier dreigliedrigen Finger (siehe auch Fig. 4, bei *m*, *l*, *l*), deren Verlauf und Anheftungsweise schon früher besprochen

flexor of the thumb and affixes itself also to the lateral edge of the first phalanx of the thumb.

The *M. adductor pollicis* (*ad*, fig. 2) arises broadly on the metacarpal bone of the middle finger and affixes itself to the first member of the thumb. It is adductor of the thumb.

The muscles of the anti-thenar (picture V, fig. 2).

The abductor of the little finger (*am*, *M. abductor digiti minimi*) arises on the pisiform bone (*x*) and affixes itself to the inner edge of the first phalanx of the little finger. It is abductor of the little finger.

The short flexor of the little finger (*fm*, *M. flexor brevis digiti minimi*) arises on the transverse ligament (*L*) and on the hook of the unciform bone (*h*, fig. 3) and affixes itself also on the first phalanx of the little finger. It is flexor of the little finger.

The *M. opponens digiti minimi* (*om*, fig. 2 and 3) arises like the preceding one and affixes itself to the capitulum of the metacarpal bone and a little higher up to the metacarpal bone of the little finger. It draws the metacarpal bone of the little finger towards the palm of the hand and can hollow the hand together with the *M. opponens* of the thumb. Now we still have to consider the Wormian bones and the lumbricall muscles; to these must be attributed a great importance with regard to the finger movements, as they partly support with their functions the muscles of the fore-arm, which influence the finger-movements, and partly counteract them within certain limits so as to restrain the intended movement to the right measure. As I shall come back to the effects of the muscles in the physiological part in detail, I will begin immediately with describing them.

We distinguish three *M. interossei interni* (picture V, fig. 3, *i 1*, *i 2*, *i 3*); of these, the first (*i 1*) originates on the ulnar margin of the metacarpal bone of the fore-finger, whereas the second (*i 2*) originates on the radial side of the fourth finger and the third (*i 3*) on the radial side of the little finger. They all affix themselves to the basis of the first phalanges, but also send sinew-bundles into the connective tissue sheath on the back surface of the four three-membered fingers (vide also fig. 4, *m*, *l*, *l*), whose course and mode of adherence have been discoursed before; through these the muscles influence also the second and third phalanx. They are firstly abductors, that means, they approach the fingers towards each other, they further bend the joint between the first phalanx and the metacarpal bone and stretch on the back surface of the fingers

wurde und vermittelt welcher die Muskeln auch auf das zweite und dritte Fingerglied Einfluß nehmen. Sie sind in erster Linie Adduktoren, d. h. sie bringen die Finger aneinander heran, sie beugen ferner das Gelenk zwischen dem ersten Fingerglied und dem Mittelhandknochen (Grundgelenk) und strecken durch Vermittlung der Bindegewebsscheide (Aponeurose) an der Rückenseite der Finger das zweite und dritte Fingerglied.

Die äußeren Zwischenknochenmuskeln (Taf. V, Fig. 4, *ie 1, ie 2, ie 3, ie 4, M. interossei externi*) entspringen mit zwei Köpfen von den einander zugekehrten Flächen der vier Mittelhandknochen und enden am ersten Fingergliede und in der Bindegewebsscheide an der Rückenseite der Finger. Sie sind Abduktoren, d. h. sie spreizen die Finger, bringen sie also auseinander, im Verein mit den inneren Zwischenknochenmuskeln wirken sie als Beuger des Grundgelenks und Strecker des zweiten und dritten Fingergliedes. — Schließlich möchte ich noch erwähnen, daß die auf Taf. V, Fig. 3 den inneren Zwischenknochenmuskeln gegenüber an den Mittelhandknochen sichtbaren Muskeln, welche nicht bezeichnet sind, die an der Hohlhandseite hervorquellenden Fleischmassen der äußeren Zwischenknochenmuskeln darstellen.

Die Spulwurmmuskeln (*11, 12, 13, 14, Taf. V, Fig. 2, M. lumbricales*) sind schlanke Muskelehen, welche an der Daumenseite (Radialseite) der Sehnen des tiefen Fingerbeugers (*M. flexor digitorum profundus*) liegen, teils einköpfig, teils zweiköpfig (von zwei gegenüberliegenden Sehnen) an den Sehnen des tiefen Fingerbeugers entspringen und sowohl an der Radialseite der ersten Fingerglieder, als auch an der Bindegewebsscheide an der Rückenseite der Finger sich anheften. Sie wirken als Beuger des Grundgelenkes (Gelenk zwischen erstem Fingerglied und Mittelhandknochen) und Strecker der beiden Endglieder der Finger.

Nach Abschluß dieser anatomischen Betrachtungen sei noch betreffs Bewegung der Finger und Fingerglieder ergänzend bemerkt, daß, obwohl jedem Finger und jedem Fingergliede eine wirksame Muskulatur zugewiesen ist, wir doch nicht imstande sind, alle Finger und Fingerglieder gleich frei und unabhängig voneinander zu verwenden. Insbesondere gilt das von den vier dreigliedrigen Fingern. Auf Taf. IV, Fig. 4, sehen wir quere Bändchen an den Stellen, wo die Strecksehnen in die Finger eintreten, welche auf der Figur die Sehnen des Mittel-, Ring- und kleinen Fingers verbinden (*U*). Auch zwischen den Sehnen des Zeige- und Mittelfingers besteht eine ähnliche Verbindung, welche auf der Figur nicht ersichtlich gemacht ist. Durch diesen Umstand und dadurch, daß die Beugeschnen der vier dreigliedrigen Finger aus ge-

the second and third phalanx through intervention of the Aponeurose.

The outer Wormian bone muscles (picture V, fig. 4, *ie 1, ie 2, ie 3, ie 4, M. interossei externi*) arise with two heads from the surfaces, turned towards each other, of the four metacarpal bones and end on the first phalanx in the connective tissue sheath on the back surface of the fingers. They are abductors, that means, they spread the fingers, that is separate them; together with the inner Wormian bone muscles they work as flexor muscles of the first joint and flexors of the second and third phalanx. Finally I wish to mention, that the muscles visible on picture V, fig. 3 opposite the inner Wormian bone muscles, not being indicated, represent the fleshy substances of the outer Wormian bone muscles springing forwards on the palmar side.

The lumbricals muscles (*11, 12, 13, 14, picture V, fig. 2, M. lumbricales*) are slender little muscles, lying on the radial side of the sinews of the *M. flexor digitorum profundus*, partly one-headed, partly two-headed (of two opposite sinews) arising on the sinews of the *flexor digitorum profundus* and affixing themselves as well on the radial side of the first phalanx as on the connective tissue sheath on the back surface of the fingers. They work as flexor muscles of the first joint (joint between first phalanx and metacarpal bone) and stretchers of the two terminal members of the fingers.

After finishing these anatomic observations, it may be mentioned supplementarily, that, though an effective muscular coat is allotted to each finger and each phalanx, we are all the same not able to use all fingers and phalanxes equally freely and independently of each other. This applies particularly to the four three-membered fingers. On picture IV, fig. 4, we see cross ligaments at those points, where the stretching sinews begin in the fingers, joining to the figure the sinews of the middle, ring and little finger (*U*). There also exists between the sinews of the fore- and middle finger a similar junction, not made visible on the figure. Through this circumstance and because the flexor sinews of the four three-membered fingers spring from joint fleshy bodies, it appears comprehensible, that if only one finger is held stretched, the other three fingers cannot be bent entirely, and if one finger is held entirely bent, the other three fingers cannot be stretched entirely. The most movable of the four fingers is the fore-finger, because it has an own extensor (*M. indicator*) besides the joint stretcher. The ring finger is the least independent, because its extensor tendon is tied very nearly to its neighbours. The moving capability of

meinschaftlichen Fleischkörpern hervorgehen, erscheint es begreiflich, daß, wenn nur ein Finger ganz gestreckt gehalten wird, die anderen drei Finger nicht vollends gebeugt und, wenn nur ein Finger ganz gebeugt gehalten wird, die anderen drei Finger nicht vollends gestreckt werden können. Der beweglichere unter den vier Fingern ist der Zeigefinger, weil er außer dem gemeinschaftlichen Strecker noch einen eigenen Streckmuskel (*M. indicator*) hat. Der am wenigsten selbständig verwendbare ist der Ringfinger, weil er mit seiner Strecksehne eng an seine Nachbarn gebunden ist. Die Bewegungsfähigkeit aller Finger hängt wesentlich von der Haltung der Hand im Handwurzelgelenk ab. Beugen wir das Handgelenk gegen die Rückenhandseite hin, so erlangen die Beugemuskeln jenen Spannungsgrad, in welchem sie ihre volle Wirkung entfalten können; beugen wir hingegen das Handgelenk hohlhandwärts, so muß bei einem gewissen Grade dieser Beugung die Faust sich öffnen; weil die Beuger im vollkommen erschlafften Zustand ihre Wirkung auf die Finger gegenüber den in großer Spannung befindlichen Streckmuskeln, welche in diesem Zustande ihre volle Tätigkeit entfalten können, verlieren. Daraus ergibt sich, daß nur bei einer gewissen mittleren Stellung der Hand Beuger und Strecker vollends einander entgegenzuwirken vermögen. Die zwischen sie hinein als kombinatorische Muskeln eingeschobenen Zwischenknochen- und Lumbrikalmuskeln, welche bekanntlich Beuger des Grundgelenks und Strecker der beiden Endglieder der vier dreigliedrigen Finger sind, können ganz unabhängig von der Stellung des Handgelenks ihre Tätigkeit entfalten, da sie eben in der Handfläche liegen und mit dem Handgelenk keine Beziehung haben. Der vollends freibewegliche Finger ist der Daumen; das ist erstens schon durch den Bau seines Grundgelenks und dann durch die ihm ganz eigentümliche im Ballen gelegene Muskulatur begründet.

Physiologischer Teil.

I. Abschnitt (Nervensystem).

In diesem Abschnitt wollen wir den Bewegungsmechanismus im Sinne unseres Themas einer Erörterung und Begründung unterziehen. Um nach jeder Richtung hin völlig klar zu sein und die physiologischen Vorgänge durchsichtig und leichtfaßlich darlegen zu können, muß ich mir eine Abschweifung ins Gebiet der Hirn- und Nervenphysiologie gestatten, da der menschliche Organismus, nur in seiner Einheitlichkeit

all the fingers depends mostly on the position of the hand in the carpo-metacarpal joint. If we bend the wrist towards the back of the hand, the flexor muscles reach that degree of tension, where they can employ their full effect; but if we bend the hand towards the hollow of the hand, at a certain degree of flexion the fist must open itself, as the flexor muscles lose in this entirely relaxed position their effect on the fingers, compared to the extensors which, being in great tension, are able to develop in this condition their full activity.

From this results that only at a certain middle position of the hand, flexor and stretcher may counteract each other entirely. The Wormian bones, pushed between them as combinatory muscles and lumbrical muscles, being notoriously flexors of the ground joint and stretchers of the two terminal members of the four three-membered fingers, can develop entirely independently of each other their activity, as they lie in the palm of the hand and have no relation to the wrist. The thumb can move entirely free; this is caused firstly by the structure of its ground joint and then through the peculiar muscular system situated in its thenar.

Physiological part.

First section (Nervous system).

In this section we will discuss and prove the mechanism of motion in the sense of our theme. To be entirely clear in every direction, I must allow myself to deviate into the region of the physiology of the brains and nerves, as the human organism allows explications of its higher functions only if taken in its uniformity. It is generally known, that the organ of thinking, feeling and willing is represented

genommen, Erklärungen seiner höheren Funktionen (animalen F.) zuläßt. Es ist allgemein bekannt, daß das Organ des Denkens, Empfindens und Wollens vom Nervensystem dargestellt wird. Der Inhalt der Schädelhöhle, das Gehirn, vermittelt den Übergang äußerer Eindrücke, der peripherischen Eindrücke, in das Bewußtsein, sowie den Übergang des Entschlusses zur Bewegung auf die die Bewegung vollziehenden Organe. Die Verbindung zwischen dem Gehirn und den äußeren Körperteilen, Sinnesapparaten und Muskeln, wird durch die Nerven hergestellt. Diese Verbindung geschieht entweder direkt, wie dies vorzugsweise bei den am Kopfe sich verbreitenden Nerven der Fall ist, oder indirekt durch Vermittlung eines zylindrischen Anhangs des Gehirns, des Rückenmarkes, welches in der Wirbelhöhle liegt und die vom Rumpfe und den Extremitäten kommenden Nerven dem Gehirn zuführt. Man unterscheidet ein zentrales und ein peripherisches Nervensystem. Das zentrale umfaßt Gehirn und Rückenmark, das periphere die Nerven. Ersteres stellt das Innere, in gewissem Grade selbständige Leben dar, letzteres durchdringt, den Wurzeln eines Baumes gleich, die Organe und breitet sich an der Oberfläche des ganzen Körpers, sowie einzelner Gebilde aus und vermittelt die Wechselwirkung mit der Außenwelt.

Aufbau des Nervensystems.

Einige Bemerkungen über den Aufbau des Nervensystems. — Die wichtigsten Elemente des Nervengewebes sind Nervenfasern oder Nervenröhren und Nervenzellen. Erstere bilden bei weitem den größeren Teil des Nervensystems, nämlich sämtliche Nerven und die weiße Substanz des Zentralsystems, während die Nervenzellen vornehmlich den grauen Abschnitt der Zentralteile bilden, worauf wir später zu sprechen kommen werden.

Nervenfasern.

Die Nervenfasern stellen sehr verschieden dicke, weiße, mattglänzende Fäden dar und bestehen aus einer Scheide, einer membranösen, röhrligen Hülle, dem *Sarcolemma* der Muskelfasern vergleichbar, einer dicklichen, zähen Flüssigkeit, dem Nervenmark und einer im Zentrum befindlichen Faser, Achsenfaser oder Achsenzylinder. An den Endausbreitungen können die Nerven das Mark verlieren und nur aus Scheide und Achsenzylinder bestehen. Der wesentliche Teil der Nervenfaser, in welchem die Fortleitung der Nervenirregungen stattfindet, ist der Achsenzylinder; alle anderen Bestandteile können fehlen. Die Endigungsweise der Nerven ist nicht überall gleich; erwähnt sei nur, daß in den Nagelgliedern

by the nervous system. The contents of the cranial cavity, the brains, operate the transition of outer impressions, the periphérie impressions, into consciousness, further the passage of the resolution for the movement to the organs making the movements. The connection between the brains and the outer parts of the body, apparati of sense and muscles, is made by the nerves. This connection happens, either directly as it is principally the case, with the nerves spreading on the head, or indirectly, through mediation of a cylindrical appendix of the brains, the spinal cord, lying in the vertebra cavity and bringing to the brains the nerves coming from the trunk and the extremities. One distinguishes between a central and a periphérie nervous system; the central one comprises brains and spinal cord, the periphérie the nerves. The first represents the inner, to a certain degree, independent life; the latter penetrates like the roots of a tree the organs and spreads on the surface of the whole body, as well as of single formations, and accomplishes the reciprocal effect with the external world.

Construction of the Nervous System.

Some observations are now in order on the construction of the nervous system. The most important elements of the nerve tissue are nerve fibres or nerve tubes and nerve cells. The first form by far the greater part of the nervous system, that is, all the nerves and the white substance of the central system, while the nerve cells compose mostly the grey section of the central parts; we shall discuss this later.

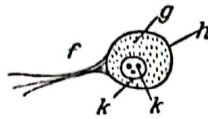
Nerve Fibres.

The nerve fibres represent thick, white, dimly shining threads, very different in size, consisting of a sheath, a membranous tubular cover, to be compared with the *Sarcolemma* of the muscle fibres, a thickly, tough liquid, the nerve pulp, and a fibre in the centre, called cylinder axis. At the terminal spreading the nerves can lose the marrow and only consist of sheath and cylinder axis. The important part of the nerve fibre, in which the spreading of the nerve excitements takes place, is the cylinder axis; all the other parts may be wanting. The mode of termination of the nerves is not everywhere the same; I mention only, that in the terminal phalanxes of the fingers (finger-tips), the nerve terminations

der Finger (Fingerbeeren) die Nervenendigungen vielfach in eigentümlichen tannenzapfenartigen Gebilden, die in ansehnlicher Zahl in der Haut der Beere zu finden sind, stattfinden, wodurch die Endglieder der Finger mit einem besonders feinen Tastvermögen ausgestattet erscheinen. Diese Gebilde wurden von Meißner als Tastkörperchen entdeckt und nach ihm Meißnersche Tastkörperchen benannt.

Nervenzellen.

Die Nervenzellen, auch Ganglienzellen oder Ganglienkörper genannt, sind rundliche oder ovale, birn-, spindel- oder sternförmige, mit oder ohne Fortsätze versehene, mehr oder weniger abgeplattete Bläschen, welche folgende Bestandteile zeigen: eine zarte, glashelle Hülle, die eine zähe, durchsichtige, körnige, eiweißartige Flüssigkeit umschließt, in der exzentrisch (außerhalb der Mitte) der Zellkern eingebettet ist, welcher ein rundes oder längliches, durchsichtiges, mit ganz hellem, flüssigem Inhalt und einem oder mehreren Kernkörperchen versehenes Bläschen darstellt.



g = Ganglienzelle. *h* = Hülle. *k* = Zellkern.
k' = Kernkörperchen. *f* = Fortsatz.

g = ganglion cell. *h* = cover. *k* = cell nucleus.
k' = nucleolus. *f* = extensions.

Die meisten Zellen sind nicht fortsatzlos, sondern mit einem, zweien oder mehreren zarten, bisweilen verästelten Fortsätzen, sogenannten Ausläufern, versehen, welche entweder in Nervenröhren übergehen oder mit Ausläufern benachbarter Zellen zusammenfließen. Sie stellen somit die wahren Anfangs- und Verknüpfungsgebilde der Nervenfasern dar, da es tatsächlich keine Nervenfasern gibt, welche nicht mit Nervenzellen in Verbindung gebracht wäre. Die Nervenfasern besitzen die Fähigkeit, durch Reize jeder Art in den erregten Zustand überzugehen und die Erregungsvorgänge längs des Nerven fortzupflanzen. Die Leitung kann nach zwei Richtungen stattfinden, entweder zentrifugal, vom Zentralnervensystem gegen die Peripherie, als Antrieb zur Bewegung, welcher Akt von den Bewegungsnerven, motorischen Nerven, ausgeführt wird, oder zentripetal, von der Peripherie gegen das Zentralnervensystem, was von den Gefühls- oder Empfindungsnerven, sensiblen Nerven, besorgt wird. — Nun wollen wir zur Besprechung des Zentralnervensystems übergehen und uns in erster Linie mit dem Gehirn befassen.

frequently occur in peculiar fir cone like formations to be found in great number in the skin of the berry, whereby the terminal members of the fingers appear to be equipped with an especially fine sense of touch. These formations have been discovered by Meissner to be little feeling bodies and called after him "Meissner".

Nerve Cells.

The nerve cells, called also ganglion cells or ganglion bodies, are round or oval, pear-, spindle- or star-shaped, more or less flattened globules with or without extensions, showing the following materials: a tender, covering of glass-like transparency enclosing a tough, transparent, granular, albuminous liquid, representing a round or longish, transparent globule, furnished with quite bright liquid contents and one or more nucleoli.

Most of the cells are not apolar, but furnished with one, two or more tender, sometimes ramificated extensions, so called outrunners, subsiding either in nerve tubes or joining with the outrunners of neighbouring cells. So they represent the true beginning- and connecting-formations of the nerve fibres, as there is, in effect, no nerve fibre not brought in connection with nerve cells. The nerve fibres possess the ability to pass through irritations of every description into a condition of excitement and to transplant the irritating events along the nerves. The conducting can happen in two directions, either centrifugal, from the central nerve system towards the periphery, or centripetal, from the periphery towards the central nerve system, which is effected by the touch- and feeling-nerves or sensible nerves. Now we shall pass over to the discussion of the central nerve system and occupy ourselves firstly with the brains.

Das Gehirn.

Das Gehirn, welches in der Schädelhöhle liegt, besitzt eine halb eiförmige Gestalt und wird von einer in der Mittellinie von vorn nach hinten verlaufenden tiefen Spalte in zwei symmetrische Hälften, Hemisphären genannt, geteilt. Auf Taf. VI, Fig. 1, ist die linke Hemisphäre, nämlich ihre konvexe obere und seitliche Oberfläche, mit der sie an das Schädeldgewölbe stößt, dargestellt. Rechts hinten unten, vom Großhirn bedeckt, ist das Kleinhirn (*K*) sichtbar und vor dem letzteren das verlängerte Mark (*VM*), das die Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark herstellt. An der äußeren Oberfläche fallen die durch zahlreiche Furchen entstandenen darmähnlich gewundenen Wülste (*Gyri*) auf. Am vorderen Abschnitt der Hemisphäre, Stirnlappen genannt, sehen wir drei Windungszüge: (*F*₁, *F*₂, *F*₃) oberer, mittlerer und unterer Stirnlappen. Durch die Zentralfurche (*CF*) wird der Stirn- vom Scheitellappen getrennt. Diese Furche wird von zwei Windungen begrenzt, welche Zentralwindungen genannt werden: die vordere (*CV*) und die hintere Zentralwindung (*CH*). Am Scheitellappen sehen wir zwei Wülste, von denen *P*₁ den oberen, *P*₂ den unteren Scheitellappen darstellt. Bei *Z* sehen wir eine Furche angedeutet, durch welche der Scheitellappen vom Hinterhauptlappen getrennt erscheint. Am letzteren beobachten wir drei Wülste (*O*₁, *O*₂, *O*₃), nämlich obere, mittlere und untere Hinterhauptwindung. Bei *FS* sehen wir eine schief nach hinten und oben aufsteigende Furche, Sylvische Furche genannt, welche die äußere Fläche der Hemisphäre so teilt, daß der Stirnlappen vor sie, der Scheitellappen über sie und der Schläfellopp unter sie zu liegen kommt. Der Schläfellopp zeigt drei Wülste: (*T*₁, *T*₂, *T*₃) obere, mittlere und untere Schläfewindung. Auf Taf. VI, Fig. 2, ist die mediale Fläche der rechten Großhirnhemisphäre dargestellt. Es ist dies jene Fläche, welche beide Hemisphären in der tiefen von vorn nach hinten verlaufenden Furche einander zukehren. Tief unten in dieser Furche sieht man bei Auseinanderdrängen beider Hemisphären, entsprechend ihrem mittleren Abschnitt, daß sie durch einen Querbalken (*B*), der in Fig. 2 im Längsdurchschnitt zu sehen ist, verbunden sind. *F'* stellt die obere Stirnwindung dar, unter welcher auch die unteren zwei zu sehen sind. Über dem Balken sehen wir einen breiten Windungszug, die Gewölbewindung (*GF*, *Gyrus fornicatus*). *LP* stellt das Parazentrallappchen dar, als Fortsetzung der beiden Zentralwindungen auf die mediale Fläche, und bei *CF* sehen wir das obere Ende der Zentralfurche. *PC* stellt den medialen Anteil des Scheitellappens dar (*Præcuneus*), *Z* die

The brains.

The brains, lying in the cranial cavity, possess a half egg shaped form and are divided in two symmetrical halves by a deep split, subsiding in the middle line from the front towards the back, called hemisphere. On picture II fig. 1 the left hemisphere, namely its convex, upper, and lateral surface is represented; with this it strikes the arch of cranium. On the right downwards, covered by the cerebrum, the cerebellum (*K*) is visible, and from the latter the prolonged marrow, (*VM*) effecting the junction between brains and spinal cord. On the outer surface we notice the intestine like tuberculums, (*Gyri*) originated by many furrows. In the front section of the hemisphere, called frontal flap, we see three winding tractions (*F*₁, *F*₂, *F*₃): upper, middle and lower frontal lap. By the central furrow (*CF*) the frontal lap is divided from the crown-lap. This furrow is limited by two windings, called central windings: The front- (*CV*) and the back central winding (*CH*). On the crown lap we see two tuberculums; of these *P*₁ represents the upper, *P*₂ the lower crown lap. At *Z* we see indicated a furrow, by which the crown lap appears separated from the occiput lap. On the latter we see three tuberculums (*O*₁, *O*₂, *O*₃) namely upper, middle and lower occiput windings. At *FS* we see a furrow ascending, inclined to the back and upwards, called sylvian furrow, parting the outer surface of the hemisphere so, that the frontal lap lies before, the crown lap over and the temple lap under it. The temple lap shows three tuberculums (*T*₁, *T*₂, *T*₃), upper, middle and lower temporo-sphenoidal convolution. On picture VI, figure 2, the medial surface of the right cerebrum hemisphere is represented. It is that surface, which both hemispheres turn towards each other in the deep furrow subsiding from the front to the back. Deep down in this furrow one sees on pushing aside both hemispheres, with regard to their middle section, that they are joined by a cross-beam (*B*), to be seen in fig. 2 in the longitudinal section. *F'* represents the upper front winding and under this also the two lower ones are to be seen. Over the beam we see a broad winding, the vault-winding (*GF*, *Gyrus fornicatus*). *LP* represents the pair of central-flaps, as continuation of the two central windings on the medial surface, and at *CF* we see the upper end of the central-furrow; *PC* represents the medial part of the crown-flap (*Præcuneus*), *Z* the occiput furrow dividing the crown and occiput-flap, *C* the medial surface of the crown-flap called cuneus, *L* the tongue-flap, *S* the spindle flap, *T* the medial surface of the lobus temporalis, whose uppermost winding is called hook (*U*, *uncus*) on account of its form. As can be

Hinterhauptsfurche, welche Scheitel- und Hinterhauptlappen trennt, *C* die mediale Fläche des Hinterhauptlappens, Zwickel (*Chama*) genannt, *L* das Zungenlappchen, *S* das Spindellappchen, *T* die mediale Fläche des Schläfelappens, dessen oberste Windung wegen ihrer Form Haken (*C. uncus*) genannt wird. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ziehen Zungenlappchen (*L*) und Spindellappchen (*S*) vom Hinterhaupt in den Schläfelappen hinein. Die Hemisphären des Groß- und Kleinhirns sind allenthalben mit grauer Rinde bekleidet, gegen die hin sämtliche Faserzüge teils direkt, teils indirekt gerichtet sind. Die graue Hirnsubstanz besteht hauptsächlich aus Nervenzellen von der verschiedensten Größe, Gestalt und Färbung, und zwar sowohl fortsatzlosen als mit Fortsätzen versehenen, ferner aus bläschenartigen Kernen mit mehreren Kernkörperchen, die in eine feinkörnige Substanz eingebettet sind. Zwischen den Zellen und Kernen verlaufen Nervenfasern, die entweder die Masse bloß durchsetzen, oder die Kommunikation zwischen Zellen vermitteln und ev. in Nerven eintreten, die gegen die Peripherie verlaufen. Das Mark des Gehirns wird von weißer Substanz gebildet, welche ausschließlich aus parallel verlaufenden Nervenfasern, ohne irgendwelche Beimengung von grauer Substanz, besteht. Um über den Verlauf der nach der Peripherie, insbesondere den Extremitäten ziehenden Nerven einige Klarheit zu gewinnen, müssen wir des im Wirbelkanal untergebrachten zylindrischen Anhangs des Gehirns, nämlich des Rückenmarks, Erwähnung tun. Der Übergang vom Gehirn zum Rückenmark wird durch das verlängerte Mark (Taf. VI, Fig. 1, *V M*) vermittelt.

Verlängertes Mark. Rückenmark.

In Fig. 3, Taf. VI, sehen wir einen Querschnitt des Rückenmarks. Dasselbe wird aus grauer und weißer Substanz gebildet und enthält in seiner ganzen Ausdehnung eine Bindesubstanz als Trägerin der nervösen Elemente und der dieselben ernährenden Gefäße. Umgekehrt wie am Gehirn wird die Rinde von weißer Marksubstanz gebildet, welche fast ausschließlich aus Nervenröhren besteht, die an der Oberfläche parallel nebeneinander verlaufen und in der Tiefe sich untereinander verflechten oder feinere Bündel bilden. Zwei mediane Längsfurchen, eine vordere breitere (*f*) und eine hintere, etwas tiefere (*f'*) spalten das von vorn nach hinten etwas platt gedrückte Rückenmark in zwei symmetrische Hälften. Der Kern des Rückenmarks wird von grauer Substanz gebildet und stellt sich am Querschnitt (Fig. 3) in Form eines *H* dar, dessen Querbalken (*c*) Kommissur genannt wird und dessen Schenkel die Hörner, näm-

seen in fig. 2, tongue-flaps (*L*) and spindle-flaps (*S*) pass from the occiput into the lobus temporalis. The hemispheres of the cerebrum and the cerebellum are covered everywhere with grey rind and towards that all the fibre tractions are directed, partly directly and partly indirectly. The grey brain substance consists principally of nerve cells of very different size, form and colour, with as well as without extensions, further of vesicular ganglions with some nucleoli bedded in a fine grained substance. Nerve fibres subside between the cells and ganglions; either they pass only through the substance, or they mediate the communication between the cells and, may even pass into nerves subsiding towards the periphery. The marrow of the brains is formed of a white substance, consisting entirely of parallel subsiding nerve fibres without any admixing of grey substance. To gain some idea of the course of the nerves passing to the periphery, especially the extremities, we must mention the cylindrical appendix of the brains established in the vertebral canal, namely the spinal cord. The passage from the brains to the spinal cord is mediated through the prolonged marrow (picture VI, fig. 1 *VM*).

Extended Marrow. Spinal Marrow.

In fig. 3, picture VI we see a cross section of the spinal cord. It is formed of grey and white substance and contains in its whole extension a connective substance as carrier of the nervous elements and the vessels nourishing it. Reversely to what obtained with the brains, the rind is formed of white marrow substance, consisting nearly entirely of nerve-tubes, subsiding on the surface nearly parallel next to each other and downwards interlacing with each other or forming fine bundles. Two medial longitudinal furrows, an anterior broader (*f*) and a posterior somewhat deeper (*f'*), split the spinal cord, pressed a little flat from in front towards the back, in two symmetrical halves. The kernel of the spinal cord is formed of grey substance and presents itself on the cross section (fig. 3) in the shape of an *H*, whose cross beam (*c*) is called commissur and whose legs represent the horns, namely the kernels of both halves of the spinal cord. Both halves of the spinal cord are

hoh die Kerne der beiden Hälften des Rückenmarkes darstellen. Durch die Commissur (c) werden beide Rückenmarkshälften miteinander verbunden. Die graue Rückenmarkssubstanz wird vornehmlich von Zellen mit mehreren Fortsätzen gebildet, von denen einer unverzweigt in eine markhaltige Nervenfasern übergeht (Achsenzylinderfortsatz), während die anderen Fortsätze sich vielfach verästeln und teils die Verbindung zwischen den Zellen herstellen, teils, nachdem die Verästelung bis zur Bildung eines feinen Netzes gegangen ist, möglicherweise die Verbindung zwischen Fasern und Zellen vermitteln. Der hintere Abschnitt des Kernes wird von den Hinterhörnern (x), der vordere Abschnitt (y) von den breiteren Vorderhörnern gebildet. Man sieht in den Vorderhörnern die Zellen gruppenweise angeordnet. Im Hinterhorn liegen die Zellen mehr zerstreut. Auch Nervenröhren durchziehen in ansehnlicher Zahl die graue Substanz und stellen zum Teil die Verbindung her zwischen den motorischen Nerven, die, durch das Vorderhorn in Wurzeln (w) vereinigt, das Rückenmark verlassen, und den sensiblen Nerven (r), welche, durch das Hinterhorn in Wurzeln gesammelt, das Rückenmark verlassen. Wie Fig. 3 zeigt, wird der graue Kern vollständig von der weißen Markmasse eingeschlossen, welche, wie bereits erwähnt, in zwei symmetrische Hälften geteilt erscheint. Durch die austretenden Wurzeln des Vorder- (w) und Hinterhorns (r) wird jede Hälfte in drei Abschnitte geteilt, welche Vorder- (v), Seiten- (s) und Hinterstränge (h) genannt werden. Die Art, wie die Rückenmarksnerven entspringen, resp. aus dem Rückenmark hervortreten, zeigt Fig. 4, welche ein Fragment des Rückenmarkes darstellt (von der Seite gesehen), auf welchem a den Vorderstrang, s den Seitenstrang, p den Hinterstrang im Längsverlauf vorstellt. Jeder Rückenmarksnerv hat zwei Wurzeln, eine vordere, schwächere (v) und eine hintere, stärkere (h); sie kommen als platte Faserbündel am vorderen und hinteren Rand des Seitenstranges (s) hervor und vereinigen sich dann zu rundlichen Nervenstämmen.

Sensible Nerven. Motorische Nerven.

Die hintere Wurzel (h) erzeugt ein Ganglion (z), bevor sie den Wirbelkanal gänzlich verläßt und führt ausschließlich sensible Fasern (Empfindungsnerven), welche von der Peripherie gegen das Zentrum leiten, die vordere Wurzel (w) führt motorische Nerven (Bewegungsnerven), welche vom Zentrum gegen die Peripherie leiten. Der vereinigte Nervenstamm teilt sich wieder in einen vorderen (1) und einen hinteren Zweig (2), welche selbstverständlich motorische und sensible Fasern führen, die vorderen Zweige sind,

joined to each other by the commissure (c). The grey substance of the spinal cord is formed principally by cells with some extensions, one of them not ramified subsiding in a nerve fibre containing marrow (cylinder axis extension); the other extensions are manifoldly entwined and partly effect the junction between the cells, partly the junction between cells and fibres, if the intertwining has gone as far as the formation of a fine net. The hinder section of the kernel is formed from the back horns (x), the forward section (y) from the broader front horns. In the front horns one sees the cells ordered in groups, in the back horn the cells are more scattered. Also nerve tubes pass the grey substance in a great number and partly effect the junction between the motoric nerves, these, joined by the front horn into roots (W), leave the spinal cord and the sensitive nerves which (r) collected by the posterior cornu into roots, leave the spinal cord. As fig. 3 shows, the grey kernel is surrounded entirely by the white marrow substance, this, as mentioned before, appears divided in two symmetrical halves. Each half is divided through the widened roots of the anterior (w) and posterior (r) cornu in three sections; these are called anterior column (v), funiculus (s) and fasciculus posterior (h). One sees the way, in which the nerves of the spinal cord arise or come forth from the spinal cord, in fig. 4, representing a fragment of the spinal cord (seen from the side); on this a represents the anterior column, s the funiculus, p the fasciculus posterior in the longitudinal course. Each nerve of the spinal cord has two roots, a forward weaker one (v) and a rear stronger one (h); they appear as flat fibre bundles on the anterior and posterior edge of the funiculus (s) and then blend together in round nerve-trunks.

Sensitive Nerves. Motoric Nerves.

The posterior root (h) generates a ganglion (z), before it leaves entirely the vertebral canal and carries exclusively sensitive fibres, passing from the periphery towards the centre. The anterior root (w) carries motoric nerves passing from the centre towards the periphery. The joint nerve-trunk divides again in a forward (1) and in a backward (2) branch, carrying of course motoric and sensitive fibres. The forward branches are, although not everywhere, connected through knots (q) and also the rear ones show or junction with their neighbours (q').

wenn auch nicht überall, durch Schlingen (q) verbunden und auch die hinteren zeigen eine Verbindung mit ihren Nachbarn (q'). Der hintere, kleinere Ast (2) besorgt das kleinere Gebiet am Rücken, der vordere größere Ast (1) begibt sich zu den vor der Wirbelsäule gelegenen Partien der Rumpfwände und zu den Extremitäten, wo er die Muskeln versorgt. Es gibt im ganzen 31 solcher Nervenpaare. Die Verbindungen, welche die Nerven eingehen, wie dies Fig. 4 bei q zwischen den vorderen und bei q' zwischen den hinteren Ästen zeigt, bedingen es, daß stets mehrere Wurzeln Elemente zu derselben Muskelgruppe schicken. Was den zentralen Verlauf — von den Wurzeln aufwärts gegen das Gehirn — der Nerven betrifft, sei noch erwähnt, daß man die Verbindung von Wurzelfasern mit Nervenzellen in den Vorderhörnern nachweisen konnte, was in gewissem Grade zur Annahme berechtigt, daß die im weißen Mantel des Rückenmarkes aufsteigenden Längsfasern von Nervenzellen aus, die in den Hörnern liegen, zum Gehirn ziehen, doch ist es auch sehr wahrscheinlich, daß andere Partien von Wurzelfasern nicht erst in Zellen eintreten, sondern gleich zu Längsfasern werden und direkt zum Gehirn aufsteigen. Da also die Wurzelfasern teils direkt, teils indirekt durch Vermittlung von Nervenzellen mit dem Gehirn in Verbindung treten, müßte jeder Wurzelfaser auch eine Rückenmarksfaser entsprechen. Letzteres trifft aber nicht zu, da genaue Untersuchungen ergeben haben, daß die Fasern der Nervenwurzeln im Rückenmark vermittelst der Zellen gruppenweise zusammengefaßt sind, und daß jedes Segment des Rückenmarks selbständige, symmetrisch durch Kommissuren (Brücken) verknüpfte Zentra darstellt, welche Innervationsherde für die einzelnen Organe und Organgruppen bilden und durch gemeinsame, zentralwärts gerichtete Leitungen mit dem Hirn in Verbindung treten. Die Verknüpfungen innerhalb dieser Zentra, sowie die Verbindung letzterer mit dem Gehirn, ferner die Beschaffenheit der Zellenherde werden sich um so einfacher gestalten, je einfacher die Funktion der Organe und Organgruppen ist. Im Hals- und Lendenmark, von wo aus die Extremitätenmuskeln mit komplizierten Funktionen versorgt werden, erscheint die Anlage viel komplizierter, womit auch die größere Dicke des Rückenmarkes an diesen Stellen zusammenhängt.

Funktion des Gehirns.

Nun wollen wir uns mit der Funktion des Gehirns befassen. Als Organ der psychischen Verrichtungen wird die Rinde des Großhirns angesprochen. Sie bildet ausschließlich den Ort, wo Wahrnehmungen

The posterior smaller branch (2) attends to the smaller portion on the back, the forward bigger branch (1) resorts to the parts of the trunk turning situated before the vertebral column and to the extremities, where it supplies the muscles. There are in all 31 such nerve pairs. The junctions, effected by the nerves, as shown by fig. 4 at q between the forward and at q' between the backward branches, stipulate, that several roots always send elements to the same group of muscles. As regards the central courses of the nerves, from the roots upwards towards the brain, it may be mentioned, that one could prove the junction of root-fibres with nerve cells in the anterior horns and that authorises in a certain degree the supposition, that the longitudinal fibres, mounting in the white coat of the spinal cord, pass from nerve cells lying in the horns towards the brains, but it is also very likely, that other parts of root-fibres do not first enter cells, but become immediately longitudinal fibres and go up directly to the brain. As thus the root fibres enter into connexion with the brain, partly directly, partly indirectly, through mediation of nerve cells, a spinal cord fibre would have to correspond also to every root fibre. The latter is not the case, as accurate investigations have shown that the fibres of the nerve roots in the spinal cord are grasped by means of the cells in groups and that each segment of the spinal cord represents independent centres, connected symmetrically through commissures, forming innervation seats for the single organs and organ groups and enter into connexion with the brain through mutual transmissions, conducted towards the centre. The connections within these centres, as well as the junction of the latter with the brain, further the quality of the cell-areas will become simpler, the simpler the function of the organs and the organ groups is. In the cervical spinal cord and in the loin-marrow, wherefrom the muscles of the extremities are supplied with complicated functions, the foundation appears much more complicated and with that is also connected the greater thickness of the spinal cord at these places.

Function of the Brain.

Now we will consider the functions of the brain. The rind of the cerebrum is supposed to be the organ of the psychological functions. It forms exclusively the place, where perceptions originate and

entstehen und Impulse zu willkürlichen Bewegungen ausgelöst werden. Dort haften auch als Überbleibsel früherer Empfindung, Wahrnehmung und Willkürbewegung „Erinnerungsbilder“. In der Hirnrinde spielt sich auch alle geistige Leistung ab, welche in sinnlicher Wahrnehmung sowohl ihren Ursprung hat, als auch an eine solche anknüpft. Sie bildet ebenso die Werkstätte des Denkens, welches sich teils als Wahrnehmung: Verschmelzung eines neuen Sinnesindrucks mit dem Erinnerungsbilde eines früheren, teils als Gedächtnis: Wiederhervorrufung von Erinnerungsbildern, teils als Intelligenz: assoziative Verknüpfung und Verwertung verschiedenartiger und mannigfacher Erinnerungsbilder, offenbart. Mittelst experimenteller Forschungen ist es gelungen, über die Funktion der Hirnrinde und die verschiedene Bedeutung einzelner Abschnitte derselben eine gewisse Orientierung zu gewinnen. Es hat sich herausgestellt, daß etwa ein Drittel der Gesamtoberfläche des Großhirns direkt mit Leitungen in Verbindung steht, welche Sinneseindrücke zum Bewußtsein bringen und Bewegungsmechanismen, sowie zentrifugale Nerven (vom Zentrum zur Peripherie leitend) anregen.

Motorisches Rindengebiet.

Auf Taf. VI, Fig. 1 und 2, erscheint das gesamte motorische Rindengebiet schwarz schraffiert. Die beiden Zentralwindungen und die angrenzenden Gebiete der Stirn- und Scheitellappen, welche eben auf das motorische Rindengebiet fallen, erscheinen nach den Organen, zu denen sie Bewegungsimpulse leiten, genau spezifiziert, so daß ein Blick auf die Figur genügt, um zu erfahren, wo das motorische Rindenfeld für die Arme und die einzelnen Abschnitte derselben, wie Schulter, Ellbogen, Handgelenk, Finger und Daumen (mittlerer und unterer Abschnitt beider Zentralwindungen) zu suchen ist. Tiefer unten sieht man die Felder für Gesichtsmuskeln, Mund und Kauen, weiter vorn für die Zunge, wo auch entsprechend der dritten Stirnwindung der linken Hemisphäre (F_3) das von Broca gefundene Sprachzentrum liegt. Die motorischen Rindenfelder für die unteren Extremitäten liegen im oberen Abschnitt der beiden Zentralwindungen und auf der medialen Fläche des Großhirns, entsprechend dem Parazentralläppchen (Fig. 2, LP) und einer kleinen angrenzenden Partie des Scheitellappens. An die vordere Zentralwindung (OV) grenzen im oberen Abschnitt das Rindengebiet für den Rumpf und tiefer unten das Rindenfeld für Kopf und Augen. Nachdem wir so die der Bewegung dienenden Rindenabschnitte kennen gelernt haben, welche bekanntlich Leitungen vom Zentrum gegen die Peripherie vermitteln, wenden wir uns denjenigen Rindengebieten

Impulsen to voluntary movements are emitted. There adhere also as remainders of former feelings, perceptions and voluntary movements, i. e. memorial pictures. In the cortex cerebri every mental event takes also place, having its origin in perception through the senses and adjoins to it. It forms also the laboratory of thinking. Thinking manifests itself partly in perception, blending of a new impression on the senses with the memorial picture of a former; partly in memory, recalling of memorial pictures; partly in intelligence, associative connection and realisation of different and manifold memorial pictures. One has succeeded by means of experimental searches in making certain discoveries with regard to the functions of the cortex cerebri and the varying importance of single parts of it; now we know, that about a third of the entire surface of the cerebrum is directly connected with transmissions, bringing to conscience impressions of the senses and inciting mechanisms of motion and centrifugal nerves (leading from the centre to the periphery).

Motoric Region of the Cortex.

On picture VI, fig. 1 and 2, appears the whole motoric region of cortex in black lines. The two central windings and the neighbouring parts of the front and crown flaps, falling on the motoric region of matter, appear accurately specified according to the organs, to which they conduct moving impulses, so that one glance at the figure is sufficient to know where the motoric matter-field for the arms and the single sections of them, like shoulder, elbow, wrists, finger and thumb (middle and lower section of both central windings), is to be looked for. Lower down one sees the fields for facial muscles, mouth and masticating, further forwards for the tongue, where also, corresponding to the third front winding of the left hemisphere (F_3) lies the vocal centre found by Broca. The motoric matter-fields for the lower extremities lie in the upper section of the two central windings and on the medial surface of the cerebrum, corresponding to the paracentral flap (fig. 2 LP) and on a little bordering part of the crown-flap. Bordering the forward central winding (OV) lie, in the upper section, the matter region for the trunk, and lower down, the matter field for head and eyes. After we have thus learned the matter sections serving for the motion, mediating, as it is known, currents from the centre towards the periphery, we turn now to the matter regions serving for perceptions through the senses and which are in connection with centripetal conducting nerves (from the periphery towards the centre).

zu, welche Sinneswahrnehmungen dienen und mit centripetalleitenden (von der Peripherie gegen das Zentrum) Nerven in Verbindung stehen. Ich habe die Partien der Hirnrinde, welche bestimmten Sinnesphären angehören, in stärker gestrichelten Linien eingeschlossen, um die Übersicht zu erleichtern. Fig. 1 zeigt, daß die ganze motorische Region und deren nächste Umgebung das Rindenfeld des Tastsinnes darstellt. Auch die centripetalen Leitungsbahnen der Gefühlsnerven haben im selben Rindengebiet ihre Endstation. Genaue Beobachtungen haben ergeben, daß das Rindenfeld der Gefühls- und Tastnerven nicht nur mit dem motorischen Rindengebiet zusammenfällt, sondern auch größeren Umfang hat, was auch auf den Fig. 1 und 2 ersichtlich ist. Die Hörsphäre liegt, wie Fig. 1 (stärker gestrichelt) zeigt, im Schläfelappen, die Sehphäre im Hinterhauptslappen und die Region für Geruch und Geschmack auf der medialen Fläche, entsprechend der oberen Schläfewindung, wo auch der Haken (Fig. 2, *U. uncus*) liegt. Fig. 2 zeigt, daß Tast- und Sehphäre auf der medialen Rindenfläche anscheinliche Abschnitte in Anspruch nehmen.

Willkürbahnen.

Bevor ich zur Besprechung der Funktion der übrigen Rindenabschnitte übergehe, muß ich noch einiges über „Willkürbahnen“, welche Bewegungen in den Muskeln auslösen, und die Bahn der Empfindungsnerven anführen. Die von der grauen Hirnrinde umschlossene Markmasse des Großhirns besteht vornehmlich aus Faserzügen, welche radiär (strahlenförmig) zur Rinde aufsteigen, die Verbindungsbahnen zwischen Peripherie und Zentrum darstellen und ihrer Anordnung wegen Stabkranz genannt werden. Ferner enthält das Mark Faserzüge, welche als Kommissuren die beiden Hemisphären verbinden, wie wir dies am Balken (Taf. VI, Fig. 2, *B*) gesehen haben, und endlich Faserzüge, welche innerhalb einer und derselben Hemisphäre Teile derselben verknüpfen (Assoziationsfasern). Die Willkürbahnen, auf welchen die Leitung der Willensimpulse zu den Muskeln stattfindet, laufen von den betreffenden Rindenfeldern durch den Stabkranz und gelangen, indem sie im verlängerten Mark (Taf. VI, Fig. 1, *FM*) eine Kreuzung erfahren, ins Rückenmark, wo sie vorwiegend in den Seitensträngen (Taf. VI, Fig. 4, *s*) abwärts steigend die Vorderhörner (Taf. VI, Fig. 3, *y*) durchsetzen und durch die vorderen Wurzeln (Fig. 3, *W*) zu den Muskeln gelangen. Die Empfindungsnerven treten bekanntlich durch die hinteren Wurzeln ins Rückenmark, wo sie in die Hinterhörner und schließlich in die Hinterstränge (Fig. 3, *h* und Fig. 4, *p*) gelangen und bald nach ihrem Eintritt ins Rückenmark, sich kreuzend, aufwärts-

I have included the parts of the brain matter belonging to certain spheres of the senses, in big dotted lines, to facilitate the survey. Figure 1 shows that the entire motoric region and its next surroundings represent the matter region of the sense of touch. The centripetal channels of sensitive nerves have also their terminal station in the same region of matter. Close investigations have led to the result, that the region of matter of the nerves touch and the senses coincides not only with the motoric region of matter, but is also larger; this is visible on the figures 1 and 2. The sphere of hearing lies, as figure 1 (big dotted) shows, in the lobus temporalis, the sphere of sight in the occiput flap and the regions for smell and taste on the medial surface corresponding to the upper temporo-sphenoidal convolution; there lies also the hook (fig. 2, *U. uncus*). Figure 2 shows, that sphere for touch and sight on the medial surface of matters occupy large sections.

Arbitrary Courses.

Before I pass over to the discussion of the function of the other sections of matter, I must say something about "arbitrary courses" which start motions in the muscles and prepare the course of the sensitive nerves. The medullary substance, surrounded by the grey brainmatter of the cerebrum consists, principally of tractions of fibres, mounting raylike to the matter, and which represent the courses of junction between periphery and centre and are nominated on account of their order corona radiata. The marrow contains further tractions of fibres, joining the two hemispheres as commissures, as we have seen this occur on the rod (picture VI, fig. 2, *B*), and finally tractions of fibres connecting inside the same sphere parts of the same (association fibres). On the arbitrary courses takes place the leading of the will impulse to the muscles; they run from the matter regions concerned through the corona radiata and get into the spinal cord, while they experience a decussation in the prolonged marrow (picture IV, fig. 1, *FM*), where they pass through the anterior horns (picture VI, fig. 3, *y*) moving downwards, and reach the muscles through the forward roots (fig. 3, *W*). The sensitive nerves as is known enter the spinal cord through the back roots, where they reach the posterior horns and finally the funiculi (fig. 3 *h* and fig. 4 *p*) and, each other, go upwards and reach through the corona radiata the cortex cerebri. Those parts of the cerebral cortex, lying outside the cortex fields described,

steigen und durch den Stabkranz zur Hirnrinde gelangen. Diejenigen Partien der Großhirnrinde, welche außerhalb der besprochenen Rindenfelder liegen, dienen zur assoziativen Verbindung von dem durch die Sinnesnerven (Tast-, Hörnerven, usw.) zugeführten zentrpetalen Erregungen und zur Auslösung der im Anschluß daran auftretenden zentrifugalen Erregungen, sowie auch zur Verarbeitung der Wahrnehmungen zu höheren geistigen Vorgängen, u. dgl. Diese Teile sind somit als Organe unserer eigentlichen psychischen Tätigkeit aufzufassen und werden Assoziationszentren genannt.

Reflexvorgang im Gehirn.

Zum näheren Verständnis des Angeführten möge der Reflexvorgang, wie er sich im Gehirn abspielt, erklärt werden. Bekanntlich besitzt der Nerv die Fähigkeit, durch Reize in den erregten Zustand überzugehen. Diese Erregung geht entweder zentrifugal, vom Zentralnervensystem gegen die Peripherie als Antrieb zur Bewegung, oder zentrpetal von den spezifischen Endausbreitungen der Sinnes- und Gefühlsnerven gegen das Zentralorgan und wird hier entweder als Empfindung wahrgenommen (perzipiert), oder die Erregung wird im Zentralorgan auf Bahnen übertragen, welche mit motorischen Zentren in Verbindung stehen, diese erregen und so eine zentrifugale geleitete Wirkung, die sich als Bewegung äußert, auslösen. Diese zentrifugale Wirkung wird reflektorische Erregung genannt. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß in der Markmasse des Großhirns Nervenfasern verlaufen, welche Partien derselben Hemisphäre verbinden. Die Reflexvorgänge, welche unabhängig vom Bewußtsein und Willen sind, dienen dazu, um in geeigneter Weise die Verrichtungen in den verschiedenen Teilen des Körpers zu regulieren. Sie schützen unsern Körper gegen äußere Schädlichkeiten: Zurückfahren mit den Extremitäten bei Berührung heißer Gegenstände, Schließen der Augen bei Einfall zu grellen Lichtes, usw. Die regulierenden Reflexe sind von einer angeborenen Organisation unseres Zentralnervensystems verursacht. Eine gute Körperhaltung ist nichts anderes als das Resultat einer Menge ursprünglich unter dem Einflusse des Willens eingeübter Muskelwirkungen, welche endlich immer vollständiger den Charakter von Reflexen angenommen haben. Nebenbei sei noch erwähnt, daß zu den Reflexen auch wesentlich die Art und Weise gehört, wie sich ein gut erzogener Mensch im Verkehr mit anderen Menschen aufführt; wenn auch viele Umgangsformen ganz konventionell sind, so müssen sie doch eingeübt und gelernt werden, bis sie sich endlich vielfach ganz reflektorisch einstellen. Kehren wir zur Besprechung

serve for the associative junction of the centripetal excitements brought together by the sensitive nerves (touch- and hearing-nerves etc.) and for the extirpation of the centrifugal excitements associated therewith, also for the consumption of the perceptions for higher mental processes etc. These parts are thus to be considered as organs of our really psychical doings and are called association centres.

Process of Reflection in the Brain.

For a better understanding of what has been said, the reflecting process, as passing in the brain, must be explained. It is known, that the nerve possesses the ability to pass through irritations into an excited condition. This excitement is either centrifugal, from the central nerve system towards the periphery as impulse for motion, or centripetal from the specific terminal propagations of the sensitive- and touch-nerves towards the central organ and will be perceived here as sensation, or the excitement will be transported in the central organ by channels in connection with motoric centres, will excite these and start thus a centrifugally conducted effect, manifesting itself as motion. This centrifugal effect is called reflectoric excitement. It may be mentioned once more, that nerve fibres subside in the medullary substance of the cerebrum joining parts of the same hemisphere. The reflecting processes, being independent of conscience and will, serve the purpose of regulating in a suitable way the functions in the different parts of the body. They protect our body against outside evils: drawing back with the extremities at touching hot things, closing of the eyes at too glaring light, and so forth. The regulating reflexes are caused by an inborn organisation of our central nerve system. A good carriage of the body is nothing else but the result of a number of muscle effects, exercised originally under the influence of the will, having at last accepted more and more fully the character of reflections. It may be mentioned, that it also belongs to the reflections, in what manner a well brought up person behaves in the intercourse with other people; although many manners are quite conventional, they must all the same be practised and learned, until they become entirely reflectory. We will return to the discussion of associative centres. These comprise, as shown in picture VI. fig. 1 and 2, three regions on each hemisphere, namely a forward or forehead region, occupying the biggest part of the frontal flap, a middle or insular region,

der Assoziationszentren zurück. Diese umfassen, wie Taf. VI, Fig. 1 und 2, zeigen, auf jeder Hemisphäre drei Regionen, nämlich eine vordere oder Stirnregion, welche den größten Teil des Stirnlappens einnimmt, eine mittlere oder insuläre Region, welche sich mit dem Boden der sylvischen Furche deckt (*FS*, Fig. 1), der beim Auseinanderdrängen der Schläfe- und Scheitellappen sichtbar wird, und endlich eine hintere Region. Diese umfaßt die Scheitelwindungen (Fig. 1, *P1*, *P2*), die vorderen Abschnitte aller drei Hinterhauptswindungen (Fig. 1, *O1*, *O2*, *O3*), die zweite und dritte Schläfenwindung (Fig. 1, *T2*, *T3*), an der medialen Fläche den *Praecuneus* (*PC*, Fig. 2), Teile des Zungenlappchens (Fig. 2, *L*) und des Spindellappchens (Fig. 2, *S*). Pathologische Veränderungen und Verletzungen der Assoziationszentren, welche, wie bereits erwähnt, als das Organ unserer eigentlichen psychischen Tätigkeit aufzufassen sind, verursachen eingreifende Veränderungen der Persönlichkeit. Bei ausgedehnter Läsion des vorderen Assoziationszentrums hat man nicht nur Veränderung des Charakters, sowie Sinnes- und Bewegungsstörungen beobachtet, sondern auch Fehlen der assoziativen Verknüpfung äußerer Wahrnehmungen mit der eigenen Person. Die Selbstbeherrschung geht verloren, und in den Handlungen herrscht nur die Logik der Triebe. Schließlich tritt Blödsinn mit Verlust der Persönlichkeitsvorstellung ein. Bei ausgedehnteren Erkrankungen des hinteren Assoziationszentrums sind die Erinnerungsbilder äußerer Vorgänge zerstört, das in Worte faßbare Wissen von der Außenwelt ist vernichtet. Der Kranke wird ideenarm, endlich blödsinnig. Bei den komplizierteren geistigen Leistungen wirken wohl alle Assoziations- und Sinneszentren zusammen, da sie untereinander durch zahllose Nervenfasern verbunden sind. Daraus resultiert die Einheitlichkeit der Großhirnleistungen. Flechsig fand, daß bei Zerstörung insbesondere der Assoziationszentren das Gedächtnis eine starke Beeinträchtigung erfährt, was zu dem Schlusse berechtigt, daß wir dort die nervösen Elemente zu suchen haben, an welche die Erinnerungsfähigkeit für Sinneseindrücke gebunden ist. Eine wesentliche Rolle hierbei spielen die Ganglienzellen, weil nur diese fähig sind, Reize aufzuspeichern und sich mit Spannkraften, welche durch die in den Hirnelementen niedergelegten Gedächtnisspuren (Erinnerungsbilder) repräsentiert sind, zu laden. Diese Erinnerungsbilder stehen in mehr oder weniger festen Beziehungen, wodurch das Gedächtnis organisch gegliedert erscheint. Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch andere Eigentümlichkeiten der Nervenzellen beifügen. Sie besitzen die Fähigkeit, eine einzelne Reizung in eine langdauernde Wirkung umzusetzen. Bei frequenter Reizung, wobei

being in congruity with the bow of the sylvian furrow (*FS* Fig. 1), becoming visible on pushing aside the lobus temporalis and the crown flap, and finally a rear region. This comprises the crown windings (fig. 1, *P1*, *P2*), the forward sections of all three occiput windings (fig. 1, *O1*, *O2*, *O3*), the second and third temple winding (fig. 1, *T2*, *T3*), on the medial surface the *Praecuneus* (*PC*, fig. 2), parts of the tongue lobe (fig. 2, *L*) and the lobulus fusiformis (fig. 2, *S*). Pathological changes and impairings of the associative centres to be considered the organ of our real psychological doings, cause marked changes of the personality. By extended lesion of the foresaid association centre one has not only observed changes of the character, and disturbances of the senses and the motion, but also failing of the associative connection of outside perceptions with ones own self. The selfcommand is lost and in the actions only the impulse dominates. Finally idiocy with loss of the representation of personality sets in. With more extended diseases of the back centre of association the memorial pictures of outside proceedings are destroyed, the knowledge of the outside world, conceivable in words, is annihilated. The sick will become deficient in ideas, finally idiotic. With complicated intellectual doings all centres of association and of the senses work together, as they are connected with each other through numerous nerve fibres. Thence results the unity of the performances of the cerebrum. Flechsig found, that by especially destroying the centres of association the memory experiences a great injury; this warrants the conclusion, that we have to look for the nervous elements there, where the memorial ability for sensitive impressions is tied. A very important roll herein is played by the ganglion cells, because only these are able to store irritations and to load themselves with elasticities, represented by the memorial pictures laid down in the elements of the brain. These memorial pictures are in more or less firm relations, whereby the memory appears organically membered. At this point I wish to add some other peculiarities of the nerve-cells. They possess the ability of changing a single irritation into a long continued one. By frequent irritation, when the force of the irritation might be comparatively weak, they are irritated especially easily, and this means, that the cells possess to a high degree the quality of summation of irritations. If the through summation of irritations, then in a certain manner exhaustion of them steps in and they require a certain time of recovery, to load themselves again. By irritation the perseverance of the cells appears differently according to the frequency and strength

die Stärke der Reizung verhältnismäßig schwach sein kann, werden sie besonders leicht erregt, was eben besagt, daß die Zellen in hohem Grade die Eigenschaft der Reizesummutation besitzen. Werden die Nervenzellen durch Reizesummutation dahin gebracht, eine intensive Wirkung zu entfalten, so tritt dadurch gewissermaßen eine Erschöpfung derselben ein und sie brauchen dann eine gewisse Zeit der Erholung, um sich wieder zu laden. Bei der Reizung gestaltet sich die Ausdauer der Zellen je nach Häufigkeit und Stärke der Reize verschieden. Waren die Reize betreffs Frequenz und Stärke derart, daß die dadurch erzeugten Vorstellungen, welcher Art immer, ein volles Gepräge gewinnen konnten, so bleiben nach eingetretener Wirkung Spuren dieser Reize zurück, welche als Erinnerungsbilder im Depôt des Bewußtseins aufgespeichert werden.

Bewußtsein.

Das Bewußtsein repräsentiert die in der Zeiteinheit im wissenden Ich gegenwärtigen Vorstellungen. Diejenigen Vorstellungen, welche sich nicht gerade im Bewußtsein vorfinden, sind latent, d. h. es bedarf eines kräftigeren Reizes, z. B. eines sinnlichen Eindruckes, der an die latente Vorstellung anknüpft, um sie in das lebendige Bewußtsein — „lebendiges“ Bewußtsein zum Unterschied vom „ruhenden, latenten“ Bewußtsein — zu heben. Das latente Bewußtsein birgt eine ungeheure Summe von Vorstellungen, die sich unterhalb der Bewußtseinsschwelle befinden und während unserer ganzen Lebensdauer aufgespeichert werden. Unter physiologischen Verhältnissen spielt sich der ganze Vorgang derart ab, daß eine konkrete Vorstellung trotz aller Willensenergie nur kurze Zeit im lebendigen Bewußtsein verharret, indem sie von anderen Vorstellungen verdunkelt, ersetzt und ins latente Bewußtsein hinabgestoßen wird. Verharret hingegen eine solche Vorstellung mit krankhafter Stärke und Dauer im lebendigen Bewußtsein, so entstehen folgenreiche Störungen, nämlich Zwangsvorstellungen (fixe Idee). Die kürzeste Zeit, binnen welcher eine Vorstellung der anderen folgt, beträgt im Mittel eine Achtelsekunde. Eine im Bewußtsein vorhandene Vorstellung zieht auch eine latente Vorstellung herauf und kann von ihr abgelöst werden.

Wechselwirkung der Vorstellungen.

Die Art, wie die Vorstellungen einander hervorgerufen, ist mannigfach. Nach dem Verhältnisse des Ganzen und seiner Teile — ein Stück des Körpers, ein Teil einer Statue erweckt die ergänzende Vorstellung des Gesamtkörpers, der ganzen Statue —, nach dem Verhältnisse von Ursache und Wirkung

of the irritations. If the irritations have been of such frequency and strength, that the created imaginations could gain a definite shape, traces of these irritations remain after the effect has occurred; these will be stored as memorial pictures in the depository of the consciousness.

Consciousness.

The consciousness represents the imaginations present within a unit of time in the conscious ego. Those imaginations, not then in the consciousness, are latent; that means, a stronger irritation of, to give an example, a sensitive impression, is lacking, joining on to the latent imagination to lift it into the live consciousness in opposition to the latent, resting consciousness. The latent consciousness shelters an immense sum of imaginations, being underneath the threshold of consciousness and stored during our whole life. Under physiological conditions the whole process happens in such a way, that a concrete imagination remains only a short time in the live consciousness in spite of all will energy, while it is darkened and compensated by other consciousnesses and will be pushed down in the latent consciousness. If, on the other hand, such an imagination remains with pathological strength and duration in the live consciousness, then arise important disturbances, namely ideas of compulsion. The shortest time within which one imagination follows the other, amounts, in the middle, to one eighth of a second. An imagination in the consciousness draws up also a latent imagination and may be relieved by it.

Alternate effect of imaginations.

The manner, in which the imaginations call forth one another, is various. According to the relation of the whole and its parts, — one part of the body or one part of a statue awakens the completing imagination of the entire body or the whole statue, — according to the relation of cause and effect — a heard

— ein gehörter Schuß erweckt die Vorstellung Jäger, Flinte — von Ähnlichkeit und Kontrast — eine Physiognomie, die zur vergleichenden Vorstellung ähnlicher Gesichter anregt, die Vorstellung Himmel, der sich etwa die Kontrastvorstellung Hölle assoziiert, der Verknüpfung durch Gewohnheit — Vater unser, der du bist in dem Himmel —, der gleichzeitlichen oder gleichörtlichen Entstehung der Vorstellungen, indem ganz verschiedenartige Begebnisse, die sich gleichzeitig ereigneten, so z. B. Erinnerung an Personen bei dem Wiedersehen des Ortes, an dem man sie kennen lernte, reproduziert werden, endlich nach den Verhältnissen der lautlichen Ähnlichkeit — Tanne, Tante — Fichte, Nichte. Jede im Bewußtsein aufgenommene Vorstellung kann ohne Anlaß, also spontan (physiologische Erregung) oder durch einen Sinneseindruck, oder durch die an eine Wahrnehmung sich knüpfenden Assoziationsvorgänge — also indirekt — reproduziert werden und entweder mit der ursprünglichen, originalen Vorstellung identisch (Gedächtnis) oder verändert sein (Phantasie).

Gedächtnis. Phantasie.

Die Phantasie schafft also nie absolut Neues, sondern nur eine neue Kombination des Alten, wobei ihre gestaltende Tätigkeit entweder unwillkürlich oder vom Willen beeinflusst ist. Gewisse psychische Bewegungen — Gefühle begleiten stets unsere konkreten Vorstellungen. Wir sagen, die Vorstellungen seien durch Gefühle, die dem Gemüt entspringen, betont. Je nach Inhalt, Stärke und Dauer der Vorstellungen wird die Betonung variieren (Lust, Unlust); sogar an und für sich angenehme Reize können unter Umständen Unlustgefühle erzeugen. Äußere Eindrücke regen die Phantasie und das Nachdenken dann an, wenn sie gewisse Gefühle auslösen. Was reizt, gefällt nicht nur, sondern setzt auch die Vorstellungen in lebhaftere Bewegung. Dieser Faktor dürfte höchstwahrscheinlich die Basis für körperliche Gefühle und Stimmungen, für den wesentlichsten Teil von Kunst und Poesie abgeben. Die Sinne schleppen Ausdrucksmaterial für die Gefühle herbei, und von der Sorgfalt ihrer Arbeit hängt zum Teil die künstlerische Vollkommenheit der Phantasiegebilde ab. Je schärfer und klarer die gemüthliche Betonung des sinnlichen Materials ist, desto einheitlicher fällt die Arbeit der Phantasie aus.

Bewegungsvorstellung, Willkürbewegung, Mitbewegung.

Bekanntlich fällt das Gebiet der Tast- und Gefühlssphäre mit dem motorischen Rindengebiet (Taf. VI, Fig. 1, schwarz schraffiert) zusammen. Bewegungsvorstellungen, die als Erinnerungsbilder früherer Bewegungsakte vorrätig sind, rufen, wenn sie mit

detonation awakens the idea of a huntsman, gun —, of likeness and contrast — a physiognomy, inciting to the imagination comparing similar faces, the idea heaven associating with the contrasting idea hell, the connection through habit — Our father, which art in heaven —, the contemporary idea or arising of ideas at the same place, when quite different occurrences, having happened at the same time (to give an example, remembering persons in seeing the place, where one made their acquaintance) will be reproduced, finally according the relation of the similarity of sound. Every idea taken up in the consciousness can be reproduced without cause, spontaneously (physiological irritation), either through a sensitive impression or through the association proceedings which annex themselves to a perception, thus indirectly, and can be either identical (memory) with the original imagination or, changed (fancy).

Memory. Fancy.

The fancy thus never creates anything absolutely new, but only a new combination of the old, whereby its creative activity is either spontaneous or influenced by the will. Certain psychical motions or feelings, go always along with our concrete imaginations. We say, that ideas are accentuated through feelings, arising in the mind. The accentuation will vary according to contents, strength and duration of the ideas (desire, displeasure); even irritations, agreeable in themselves, may generate sometimes displeasing feelings. Outside impressions incite the imagination and then the reflection if they start certain feelings. What irritates, not only pleases, but sets also the imaginations in quicker motion. This factor affords very likely the basis for bodily sentiments and moods and for the greatest part of art and poetry. The senses collect materials of expression for the feelings and the artistic perfection of these mind pictures depends partly on the thoroughness of their work. The stronger and clearer the mental emphasis of the sensitive material is, the more uniform the work of the imagination becomes.

Idea of Motion. Arbitrary Motion. Joint Motion.

It is known that the region of the touch- and sensitive sphere concurs with the motoric cortex region (Picture VI, fig. 1 in black lines). Ideas of motion, being stored up as memorial pictures of former ideas of motion, call forth movements, if they appear

genügender Reizstärke auftreten, Bewegung hervor. Tatsächlich sah man einen Ausfall der willkürlichen (erlernten) Bewegungen bei Zerstörung jener Rindengebiete, wo die Erinnerungsbilder früherer Bewegungen (die aus den Gefühlen hervorgehenden Bewegungs- und Tastvorstellungen) niedergelegt sind. Die Ausführung einer Mitbewegung ist wohl noch möglich, da derselbe Willensimpuls zwei oder mehrere Muskeln in Kontraktion versetzen kann, aber sie fällt ungeschickt aus, da die kontrollierenden, regulierenden Muskelgefühle und Tastvorstellungen fehlen. Werden z. B. sämtliche sensible, also zentripetalleitende Nerven einer Extremität durchschnitten, so fällt die Bewegung dieser Extremität aus, wenn auch die von der Hirnrinde kommenden motorischen (zentrifugalleitenden) Nervenbahnen intakt sind. Die Erregung der von der motorischen Region ausgehenden Leitungsbahnen für die Skelettmuskeln muß von anderen Nervenbahnen her erfolgen. Die in der motorischen Rindenregion und deren nächsten Nähe (Tastsphäre) endigenden sensiblen Nerven können also als solche Bahnen angesprochen werden, da jede noch so einfache Bewegung als eine Art Reflex durch einen zentripetalen Reiz ausgelöst wird. Bei allen komplizierteren Bewegungen und besonders bei Einübung neuer Bewegungsformen müssen wohl mehrere Rindengebiete zusammenwirken, um die Ursprungszellen der motorischen Bahnen anzuregen. Bei jeder noch so einfachen scheinenden Bewegung sind es gewöhnlich Gruppen von Muskeln, die beteiligt sind, u. zw. arbeiten hierbei nicht nur Muskeln, deren Tätigkeit im selben Sinne erfolgt (Synergisten), sondern auch Antagonisten, Muskeln, die im entgegengesetzten Sinne wirken, wobei letzteren die Aufgabe zufällt, die Bewegung zweckentsprechend zu regulieren.

Wenn zwei oder mehrere Muskeln durch einen Willensimpuls gleichzeitig in Kontraktion versetzt werden, so sagt man, es herrscht zwischen ihnen Mitbewegung. Fällt nämlich ein Reiz auf ein motorisches Rindengebiet, so kann er sich daselbst ausbreiten und Bewegungen veranlassen, die ursprünglich nicht in unsrer Absicht gelegen waren. Man lege z. B. die Hand auf den Tisch und versuche einen Finger nach dem andern aufzuheben; es wird im ersten Moment nicht gelingen, erst durch Übung kann man dazu gelangen. Jene Bewegungen, welche das Kind kombiniert ausführt, z. B. gleichzeitiges Bewegen beider Arme, Beugen aller Finger, lernt es später isoliert ausführen. Diese Isolation kann durch Übung bis zur Vollendung getrieben werden, wie beim Klavierspiel. Durch Übung kann auch die Anzahl der in der Zeiteinheit ausführbaren Bewegungen vermehrt werden. Mitbewegungen können also beseitigt werden,

with sufficient strength of irritation. One saw in fact a falling out of the voluntary (learned) motions when destroying those regions of cortex, where the memorial pictures of earlier motions are set down. The execution of a connection is still possible, as the same will impulse might bring two or more muscles in contraction, but it appears to be unskilled, as the controlling, regulating muscular senses and ideas of touch are wanting. If, to give an example, all sensitive, that is centripetally leading nerves of an extremity are cut through, the motion of this extremity is omitted although the motoric nerve channels from the cortex cerebri are intact. The excitement of the channels coming from the motoric region for the skeleton muscles must happen from other nerve channels. The sensitive nerves ending in the motoric cortex region and its next proximity (touch sphere) can be considered such channels, as even the simplest motion is started by a centripetal irritation as a sort of reflex. For all complicated movements and especially when practising new forms of motion, several cortex regions must cooperate to incite the cells of origin of the motoric channels. With every motion, even if appearing very simple, there are usually groups of muscles concerned; not only muscles, whose activity occurs in the same sense, work here, but also antagonists, muscles acting in the contrary sense, whereby the latter have to regulate the motion suitably.

If two or more muscles are put in contraction through a will-impulse at the same time, one says, there is commotion between them. That is, if an irritation falls on a motoric cortex region, it can expand itself there and cause motions we did not have in view originally. Put, to give an example, the hand on a table and try to lift one finger after the other; it wont succeed in the first moment; only by practising one can attain it. Those combined movements which the child executes, to give an example, moving both arms at the same time, bending all fingers, he learns later to execute isolated. This isolation can be brought to perfection by practising piano playing. Through practising also the number of the practicable motions in the unit can be augmented. Connections can thus be removed, as they may also be acquired (associative motion). A certain combination of motions, often executed in mechanical tasks becomes so familiar, that the leaving out of it makes difficulties. In this connection it is true, that a skilled labourer tires less quickly than an unskilled, because the latter executes many superfluous movements. If any organ is in entirely correct relation to its nerve apparatus, so that the centripetal and centrifugal current as

wie solche auch erworben werden können (assoziierte Bewegung). Eine gewisse bei mechanischen Arbeiten oft ausgeführte Kombination von Bewegungen wird so geläufig, daß das Weglassen einer derselben Schwierigkeiten macht. Damit hängt zusammen, daß ein geübter Arbeiter weniger rasch ermüdet als ein ungeübter, weil letzterer viele überflüssige Bewegungen ausführt. Wenn irgendein Organ in vollkommen intaktem Verhältnisse zu seinem Nervenapparate steht, so daß die zentrifugale und zentrifugale Leitung, sowie die Aufnahmefähigkeit des Zentrums in normalen Bahnen erfolgt, so sagt man, das Organ sei normal innerviert.

Innervation.

Auf dem Erlernen von Bewegungs-Kombinationen und des richtigen Verhältnisses der einzelnen Innervationen beruht hauptsächlich die Geschicklichkeit in Fertigkeiten. Das neugeborene Kind kann allerdings alle seine Muskeln bewegen, vermag aber nicht die Tätigkeit derselben zu planmäßigen Akten zu koordinieren. Dies geschieht nur dadurch, daß im zentralen Nervensystem Verbindungen zwischen verschiedenen Nervenbahnen gebildet werden, so daß Muskeln, deren Zusammenwirken für einen bestimmten Zweck notwendig ist, wirklich gemeinsam arbeiten. Wir wissen, daß zahlreiche Muskeln tätig sein müssen, um den Körper in aufrechter Stellung zu erhalten. Das hierbei stattfindende Zusammenwirken der verschiedenen Muskeln wird erst durch langdauernde Übung ausgebildet. Ebenso verhält es sich mit allen anderen Arten von Muskelbewegungen, die wir ausführen. Beim Einüben einer bestimmten Körperbewegung suchen wir in unserem Zentralnervensystem eine solche Kombination verschiedener Muskeln zuwege zu bringen, daß die von uns beabsichtigte Wirkung eintritt. Je komplizierter die betreffende Bewegung ist, um so schwieriger natürlich ist es, diese Kombination herauszufinden. Nachdem dies aber endlich gelungen, wird die Bewegung mit der größten Leichtigkeit, fast maschinenmäßig ausgeführt. Hierbei tritt noch eine andere Erscheinung zutage: wenn wir zum erstenmal eine bestimmte Bewegung einüben, so lassen wir zahlreiche Muskeln einwirken, ohne daß diese dabei irgendwelche Bedeutung hätten, sondern vielmehr schaden, indem der Körper wegen der überflüssigen Muskelanstrengung ganz nutzlos ermüdet. Je weiter die Übung fortschreitet, desto mehr gelingt es uns, solche überflüssige Bewegungen zu vermeiden. Zu gleicher Zeit wird auch die Atmung und die Zirkulation immer genauer nach dem wirklichen Bedürfnisse abgepaßt. Das Herzklopfen und die angestrenzte Atmung, welche

well as the power of absorption of the centre happens in normal ways, the organ is said to be normally innervated.

Innervation.

The skill in technique depends principally on the learning of combinations of movements and the correct relation of the single innervation. The newborn child can certainly move all its muscles, but cannot coordinate the action of them to systematic acts. This happens only when junctions between the different nerve channels are effected in the central nerve system, so that muscles, their working together being necessary for a certain purpose, actually work in common. We know, that numerous muscles must be active, to keep the body in erect position. The working together of the different muscles caused hereby, will be matured only by long practising. The same is the case with all other kinds of muscle movements we execute. In practising a certain movement of the body we try to effect in our central nerve system such a combination of different muscles, that the effect we have in view occurs. The more complicated the respective movement is, the more it is difficult of course to find out this combination. After this has succeeded finally, the movement will be executed with the greatest facility, almost automatically. Here still another appearance manifests itself: if we practise for the first time a certain movement, we let numerous muscles come into play without there being any need therefore, but rather harm, because the body tires uselessly on account of the superfluous straining of the muscles. The more the practice proceeds, the more we are able to avoid such superfluous movements. At the same time also the respiration and the circulation will be measured, always closer, according to the real need. The palpitation of the heart and the strained respiration, appearing in the unexercised already after proportionally little bodily work, are not found anymore with people used to muscular exercises. Unnecessary accompanying muscular movements though cannot be excluded entirely for a long time.

bei dem Ungeübten schon nach einer verhältnismäßig geringen Körperarbeit auftreten, sind bei den an Muskelbewegung Gewöhnten nicht mehr zu finden. Unnütze begleitende Muskelbewegungen können indessen lange nicht vollständig ausgeschlossen werden. Wie werden nun komplizierte Bewegungen eingeübt und im Gedächtnisse hinterlegt? — Sowohl die einfachen, als auch die zusammengesetzten Bewegungen stehen unter der Kontrolle der sinnlichen Erfahrung. Wenn diese mangelt, wird die Bewegung schlecht ausgeführt; zeigt diese aber, daß die beabsichtigte Bewegung nicht zum Ziele führt, so wird dieselbe zweckentsprechend geändert. Die Kontrolle durch die Erfahrung geschieht unbewußt, d. h. die Veränderung des Willensimpulses, welche durch die Erfahrung herbeigeführt wird, fällt nicht in das Bereich des Bewußtseins, oder muß nicht in diesen fallen. Bei gewissen Erkrankungen des Rückenmarkes, wo die sensible Leitung der Extremitäten gestört ist, wird die Bewegung der letzteren falsch, also nicht zweckentsprechend ausgeführt, weil der Kranke nicht empfindet, welche Bewegungen seine Willensimpulse in den Extremitäten hervorrufen. Daraus ergibt sich, welche Wichtigkeit der Erfahrung bei Ausführung korrekter Bewegungen beizumessen ist. Allerdings kann in solchen Fällen der Gesichtssinn einigermaßen korrigierend wirken, so daß der Kranke mit Hilfe desselben sich aufrechterhalten kann. Fällt auch der Gesichtssinn aus, so fällt der Kranke beim Versuch, zu gehen, um. Nimmt man z. B. Brillen mit einem derartigen Brechungsvermögen, daß die durch sie beobachteten Gegenstände nach rechts verschoben erscheinen, und betrachtet irgendein Objekt genau auf seine Lage, schließt dann die Augen und greift nach demselben, so greift man natürlich rechts an ihm vorbei. Manipuliert man auch nur wenige Minuten mit diesen Brillen, so wird man bei Wiederholung des Versuches ganz sicher nach dem Objekt greifen. Es hat sich also in dieser kurzen Zeit die Innervationskombination der Extremität geändert und den neuen Erfahrungen angepaßt. Nimmt man nun die Brillen weg, so greift man bei dem gleichen Versuch links am Objekt vorbei, weil die neue Innervationsart auf die alten Verhältnisse nicht mehr paßt. Es ist auch notwendig, daß unsere Innervationskombinationen in hohem Grade modifizierbar sind, da sonst bei Ermüdung des Muskelapparates oder einzelner Muskeln desselben die Fähigkeit, korrekte Bewegungskombinationen auszuführen, verloren ginge. Wir arbeiten also mit unseren Bewegungsorganen sozusagen auf den Effekt, d. h. wir ändern an dem Grade und dem Verhältnisse der Innervation so lange, bis die erwartete Empfindung eintritt. Dabei ist

How will complicated movements be practised and deposited in the memory? As well the single as the combined movements are under control of the sensitive experience. If this is deficient, the movement is executed badly; if it shows though, that the intended movement does not fulfil its object, it will be changed suitably to the purpose. The control by experience takes place unconsciously; that means, the change of the will impulse brought on by experience, does not fall in the range of the consciousness, or must not fall in this. In certain illnesses of the spinal cord, where the sensitive current of the extremities is disturbed, the movement of the latter will be executed wrongly, thus not answering the purpose, because the one being sick does not feel what movements its will-impulses call forth in the extremities. This shows what importance has to be attributed to the experience in executing correct movements. Certainly the eye-sight in such cases can act as a correction in some measure, so that the sick might keep himself straight with aid of the same. If the eye-sight too gives out, the sick falls down in trying to walk. If one takes, to give an example, eye-glasses with such refractory power, that the things looked at through it appear to be moved to the right and looks at any object, closely regarding its position, and then, closing the eyes, tries to grasp it, one will of course miss it. If one manipulates only a few minutes with these eye-glasses, one will grasp, in repeating the trial, quite surely the object. The innervation combination of the extremity has thus changed in this short time and adjusted itself to the new experience. If one takes the eye-glasses now away, one grasps aside to the left, in the same attempt, as the new kind of innervation does not agree anymore with the old conditions. It is also necessary, that our innervation combinations should in a high degree be modified, as otherwise in tiring of the muscle-apparatus or single muscles of it, the ability would be lost to execute correct combinations of movements. Consequently it might be said we work with our organs of movement for the effect; that is we change so long in the degree and the proportion of the innervation, until the looked for feeling sets in. Nevertheless our knowledge of innervation is very little. It is well known, that in the execution of a difficult musical piece we have learnt by help of the sensitive experiences, that the course of the moving mechanism or its innervation runs entirely defectively through the consciousness. Although we are also clear in regard to certain ideas of touch, sight or hearing, the action proceeds all the same mostly unconsciously.

II. Abschnitt. Muskelphysiologie.

In dem Kapitel über anatomische Beschreibung der Muskeln haben wir das Wesentlichste über den Bau, sowie andere wichtige Eigenheiten derselben kennen gelernt. Nun wollen wir ihre wichtigste Eigenschaft, die Zusammenziehung (Kontraktion), soweit die physiologische Forschung in das Wesen derselben hineinzuleuchten vermochte, besprechen.

Muskelzusammenziehung.

Bei der Zusammenziehung wird der Muskel kürzer und dicker und vermag eine beträchtliche Arbeit zu leisten. In den meisten Fällen wird Arbeit durch frei gewordene lebendige Kraft geliefert, welche aus angehäufter Spannkraft sich entwickelt. Wird z. B. eine aufgehängte elastische Spiralfeder angespannt, so vermag sie in diesem Zustande Arbeit zu verrichten, z. B. einen Gegenstand zu heben. Wir wissen, daß der erschlaffte Muskel eine festweiche Konsistenz hat, somit keine mechanischen Spannkraften in ihm angehäufter sind, so daß die zur Kontraktion, resp. Arbeitsleistung notwendige lebendige Kraft nicht in Spannkraft ihren Ursprung haben kann. Die lebendige Kraft muß auf chemischem Wege, d. h. durch Stoffwechselvorgänge aufgebracht werden. Du Bois-Reymond hat zuerst nachgewiesen, daß sich kontrahierende Muskeln sauer werden (blaues Lackmuspapier wird bei Berührung mit einem sauren Körper rot gefärbt). Die im Muskel bei der Zusammenziehung gebildete Säure entsteht durch Zersetzungs Vorgänge von Kohlehydraten (zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Wasser, z. B. Zucker) und Eiweißkörpern, welche das Material für die Bildung der meisten tierischen Gewebe abgeben. Ihren Namen haben die Eiweißkörper von einer Substanz, welche sich im Weißen der Vogeleier befindet. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel. Bei der Kontraktion gehen im Muskel Zersetzungs Vorgänge chemischer Natur vor sich, an denen sich die obgenannten Bestandteile desselben beteiligen. Der Lebensprozeß geht bekanntlich mit einem lebhaften Gaswechsel einher, der vornehmlich in Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure besteht. Der Atmungsprozeß als solcher geht derart vor sich, daß Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufgenommen und dafür Kohlensäure in den Lungen vom Blute abgedunstet wird. Physiologische Versuche haben ergeben, daß bei der Arbeit eine auffallende Vermehrung des absorbierten Sauerstoffes und eine sehr auffällige Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure eintritt. Bei intensiver Arbeit in kleinen Zeiträumen kann die Sauerstoffabsorption bis auf das Fünffache des Quantum, das in der Ruhe absorbiert

II^d section. Physiology of muscles.

We have learned the most important details concerning the structure, as well as other important properties in the chapter on anatomical description. Now we will discuss its most important quality, the contraction, as far as physiological search has been able to find out its nature.

Muscular Contraction.

In contracting, the muscle becomes shorter and thicker and can perform some considerable work. In most cases work is performed by vital power, become free, and this unfolds itself from accumulated elasticity. In case, to give an example, an elastic suspended spiral spring be strained, it can do some work in this condition, lift something. We know, that the relaxed muscle has a solid soft consistency and thus no motoric elasticities are accumulated in it, so that the vital power necessary for the contraction cannot have its origin in elasticity. The vital power must be raised in a chemical way, that means through change of matter process. Du Bois Reymond, as the first, has shown, that muscles contracting each other get sour (blue litmus paper will be coloured red at touching a sour body). The acid formed in the muscle at the contraction, originates from a decomposing process of carbonic hydrates (composed of carbon, water, to give an example, sugar), and albumen bodies, giving the materials for the forming of most animal tissues. The albumen bodies derive their name from a substance in the white of bird-eggs. They contain carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen and sulphur. With the contraction, decomposing processes of a chemical nature take place in the muscle and in these the component parts named above participate. The living process proceeds notoriously with a lively gas exchange, consisting principally in taking up oxygen and delivering carbonic acid. The respiratory process, as such, proceeds thus, that oxygen is taken up from the atmospheric air and carbonic acid evaporated from the blood in the lungs in its place. Physiological trials have shown, that while at work a striking increase of the absorbed oxygen and a very striking increase of the secreted carbonic acid occurs. With intensive work in little intervals the absorption of oxygen can be raised to five times the quantity absorbed in repose. The blood, after absolving its circulation through the body, arrives dark red (venous containing carbonic acid) in the lungs, where it becomes light red, through taking up oxygen, as a chemical element of the blood, called hæmoglobin, enters into loose chemical connection with the oxygen,

wird, gesteigert werden. Das Blut, welches seinen Kreislauf durch den Körper absolviert hat, gelangt dunkelrot (venös, kohlensäurehaltig) in die Lungen, wo es durch Sauerstoffaufnahme hellrot wird, indem ein chemischer Bestandteil des Blutes, Hämoglobin genannt, mit dem Sauerstoff eine lockere chemische Verbindung eingeht, wodurch Oxyhämoglobin gebildet wird, welches dem Blute die rote Farbe verleiht (arterielles Blut). Gelangt das arterielle Blut in den Körper, so wird der in lockerer Verbindung zugeführte Sauerstoff infolge der im Körper stattfindenden Verbrennungsprozesse verbraucht und als Endprodukt vornehmlich Kohlensäure gebildet. Der Sauerstoff bleibt also nicht am Hämoglobin haften, sondern wird an andere Substanzen abgetreten, welchen Vorgang man als Oxydationsprozeß bezeichnet. Dieser Prozeß wird in erster Linie in die Gewebe verlegt, da das Blut sofort nach Verlassen derselben dunkelrot ist. Es mußte also bei inniger Berührung mit den Geweben in sehr kurzer Zeit den größten Teil seines locker gebundenen Sauerstoffes abgegeben haben, und zwar wahrscheinlich nicht an andere Bestandteile des Blutes, sondern an die Gewebe und an die umgebende Gewebsflüssigkeit. Die verschiedenen Organe verhalten sich hierbei sehr verschieden und auch verschieden je nach ihrer Ruhe und Tätigkeit. So wurde gefunden, daß das Blut, welches durch die tätigen Muskeln gegangen war, immer weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthielt, als das Blut, welches durch die ruhenden Muskeln hindurchgegangen war. Es ist also zweifellos festgestellt, daß chemische Prozesse bei der Muskelkontraktion stattfinden. Der tätige Muskel scheidet mehr Kohlensäure aus, als dem der atmosphärischen Luft aufgenommenen Sauerstoff entspricht. Es ist sogar beobachtet worden, daß der Muskel auch für eine Weile sich zu kontrahieren und Kohlensäure zu bilden vermag in einem Medium, dem er keinen Sauerstoff entnehmen kann. Dieser Überschuß an Sauerstoff, welcher in der ausgeschiedenen Kohlensäure auftritt, kann nur durch Zersetzung der Muskelbestandteile, in welchen der Sauerstoff früher als an Wasserstoff gebunden gedacht werden kann, frei geworden sein und sich mit dem Kohlenstoff, der ebenfalls durch Stoffwechselvorgänge frei wird, zu Kohlensäure verbunden haben. Ein Molekül Kohlensäure — CO_2 , besteht aus einem Atom Kohlenstoff (C) und zwei Atomen Sauerstoff (O_2). Wir haben auch erwähnt, daß sich Säuren bei der Kontraktion entwickeln. Nachgewiesen wurde die Entstehung der Phosphorsäure durch Umsetzung von Lecithin, einem wesentlichen Bestandteil unseres Blutes, das auch im Nervenmark und Dotter der Vogeleier zu finden ist. Auch Bildung von Milchsäure wird von einigen Autoren

whereby oxy-haemoglobin is formed and this gives the blood the red colour (arterial blood). If the arterial blood reaches the body, the oxygen brought to it in loose connection will be used in consequence of the burning process in the body and carbonic acid will be formed as principal terminal product. So the oxygen does not adhere to the haemoglobin, but will be delivered to other substances; this proceeding is called oxydation process. This process will be transferred firstly to the tissues, as the blood is dark red immediately after leaving them. It must have thus delivered in close contact with the tissues the biggest part of its loose-bound oxygen in a very short time, very likely not to other elements of the blood, but to the tissue and the surrounding tissue liquid. The different organs behave very differently meanwhile in proportion to their rest and activity. So it has been found, that the blood, after having passed through the active muscles, contained always less oxygen and more carbonic acid than the blood passed through the resting muscles. It is thus firmly established without any doubt, that chemical processes occur with the contraction of muscles. The active muscle secretes more carbonic acid, than corresponds to the oxygen taken up from the atmospheric air. It has been even observed, that the muscle is able to contract itself for a while and to form carbonic acid in a medium, from which it cannot take any oxygen. This surplus of oxygen, appearing in the secreted carbonic acid, could only have become free through decomposition of the muscular parts, in which the oxygen can be imagined formerly as bound, and have combined itself with the carbon, also become free through change of matter. One molecule of carbonic acid — CO_2 consists of one atom Carbon (C) and two atoms Oxygen (O_2). We have also mentioned that acids develop with the contraction. The generation of phosphoric acid through transposition of Lecithin, an essential part of our blood, to be found also in the nerve pulp and yolk of the bird eggs has been proved. Also the generation of lactic acid is presumed by some authors. The water contents of the muscle is increased contracting. Further is indicated the change of the Glycogen (a coal hydrate) into sugar. Perhaps all groups of the chemical muscle matter take part in generating muscle power through the lively change of matter. It is not yet finally decided, if the albumen bodies or the coal hydrates are the principal sources. The increased change of matter makes itself known through increased contents of blood and quicker circulation inside the active muscles. In the intact body three — or four — times the blood quantity of the resting muscle rushes to the working muscle. One can ascertain

angenommen. Der Wassergehalt des Muskels nimmt bei der Zusammenziehung zu. Ferner wird noch die Umwandlung des Glykogens (ein Kohlehydrat) in Zucker angegeben. An der Erzeugung der Muskelkraft sind vielleicht alle Gruppen der chemischen Muskelstoffe durch den lebhafteren Stoffumsatz beteiligt. Ob nun die Eiweißkörper oder die Kohlehydrate die Hauptquelle seien, ist noch nicht endgültig entschieden. Der vermehrte Stoffwechsel gibt sich durch gesteigerten Blutgehalt und regere Zirkulation innerhalb der tätigen Muskeln zu erkennen. Im intakten Körper strömt dem arbeitenden Muskel die drei- bis vierfache Blutmenge des ruhenden Muskels zu. Im tätigen Muskel kann man Erweiterung der Blutgefäße konstatieren, welches ein rascheres Hindurchfließen des Blutes ermöglicht. Letzterer Vorgang hat regulatorische Bedeutung, da der Muskel bei der Kontraktion Sauerstoff in reichlicher Menge bedarf, der ihm eben nur bei beschleunigtem Blutlauf genügend zugeführt werden kann. Wäre dies nicht der Fall, so würde der Muskel Mangel an Stoffen, in erster Linie an Sauerstoff, leiden, die er bei der Kontraktion verbraucht, und andererseits müßte der Muskel mit Stoffen, besonders Kohlensäure, überladen werden, welche die Kontraktion liefert, da genügende Abfuhr derselben mangeln würde. Die mit der Kontraktion verbundene periodische reichliche Blutzufuhr (Hyperämie) und mechanische Einwirkung der Dehnungen scheinen am ehesten eine Rolle bei der Kräftigung und Stärkung der Muskulatur zu spielen. Wir haben schon erwähnt, daß jede Muskularbeit mit stärkerer Atmung (vermehrte Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe) einhergeht. Filehne und Kionka stellen sich vor, daß unter normalen Umständen bei der Muskularbeit die Enden der zentripetalen Muskelnerven erregt werden und reflektorisch die verstärkte Atmung auslösen, bevor noch ein mit Verbrennungsstoffen überladenes und an Sauerstoff armes Blut zum Atmungszentrum gelangen und dasselbe reizen kann. Wie sich die chemischen Vorgänge bei der Kontraktion des Muskels in Arbeit umsetzen, läßt sich dahin erklären, daß bei Spaltungsvorgängen, d. i. Trennung der verbundenen Bestandteile eines Körpers und Bildung neuer Verbindungen aus den bei der Zerlegung frei gewordenen Bestandteilen, Kräfte frei werden, die sich teils als Bewegung, teils als Wärme äußern. Wenn zwei chemische Verbindungen aufeinander einwirken, findet Spaltung statt, wenn Bestandteile der einen Verbindung zu irgendwelchen Bestandteilen der anderen eine größere chemische Verwandtschaft besitzen als zu den Teilen, mit denen sie ursprünglich vereinigt waren. Übergießt man beispielsweise Kochsalz mit Schwefelsäure, so spaltet sich sowohl das

an enlargement of the blood vessels in the active muscle, making possible a quicker running through of the blood. The latter proceeding is of regulating importance, as the muscle needs great quantities of oxygen in contracting and that can be brought to it sufficiently only with increased circulation. If this were not the case, the muscle would be in want of matter, firstly of the oxygen it uses up at the contraction, and on the other hand the muscle would have to be overloaded with matter, especially carbonic acid, furnished by the contraction, as sufficient removal of it would be wanting. The periodical ample supply of blood connected with the contraction and the mechanic influence of the extensions seems to play first a role with the strengthening and invigoration of the muscular coat. We have mentioned already, that every muscular work takes place with increased respiration (increased acceptance of oxygen and deliverance of carbonic acid). Filehne and Kionka imagine that under normal circumstances the ends of the centripetal muscular nerves will be excited with the muscular work and start reflectorically the increased respiration, before blood overloaded with combustible matter and deficient of oxygen can reach the centre of respiration and irritate it. How the chemical proceedings at the contraction of the muscle come into play, can be explained in this way, that with splitting proceedings, that is separation of the joint parts of a body and forming of new junctions from the parts having become free at the dissection, forces will become free, manifesting themselves partly as movement, partly as warmth. If two chemical combinations influence each other, a splitting takes place, if parts of the one combination possess a greater chemical relationship to any parts of the other than to the parts with which they have been originally united. If, to give an example, one pours over common salt some sulphuric acid, the salt as well as the acid split and the splitting products enter new combinations according to the law of the greater chemical relationship: one gets sulphate of soda and muriatic acid. The chemical relationship, or affinity, is the attractive power of the chemically smallest parts of a body, of the atoms. The effort of the atoms to unite themselves with affinities rests in them as elasticity. If the atoms are sufficiently approached to each other, their combination actually takes place, the elasticity disappears and in its place appears the vital power of warmth. We can see very frequently in practical life, that warmth originates in every chemical combination. If one pours water over quicklime, a chemical combination of both bodies takes place, accompanied by intense development of heat. Also

Salz als auch die Säure und die Spaltungsprodukte gehen nach dem Gesetze der größeren chemischen Verwandtschaft neue Verbindungen ein: man erhält Salzsäure und Glaubersalz. Die chemische Verwandtschaft oder Affinität ist die Anziehungskraft der chemisch kleinsten Teile eines Körpers, der Atome. Das Bestreben der Atome, sich mit verwandten zu vereinigen, ruht in denselben als Spannkraft. Werden die Atome einander genügend genähert, so tritt die Verbindung derselben tatsächlich ein, die Spannkraft verschwindet, und an ihrer Stelle tritt die lebendige Kraft der Wärme auf. Daß bei jeder chemischen Verbindung Wärme entsteht, können wir im praktischen Leben häufig beobachten. Übergießt man gebrannten Kalk mit Wasser, so findet eine chemische Verbindung beider Körper statt, die von heftiger Wärmeentwicklung begleitet ist. Auch bei den chemischen Prozessen im menschlichen Körper wird Wärme gebildet. Die bei der Kontraktion des Muskels auftretenden chemischen Vorgänge liefern nicht nur Wärme, sondern auch Bewegung. — Nun sind Wärme und Bewegung einander gleichwertig. Erstere besteht in einer Bewegung der kleinsten Körperteilchen, die auf mechanischem Wege nicht mehr zerlegt werden können und Moleküle genannt werden. Wegen der Kleinheit der Moleküle ist diese Bewegung nicht sichtbar, bringt aber auf unseren Gefühlssinn denjenigen Eindruck hervor, welchen wir Wärme nennen. Bei Umwandlung der sichtbaren Körperbewegung in die unsichtbare Bewegung der kleinsten Teilchen eines Körpers entsteht Wärme. Beim Hämmern des Eisens wird durch Erheben des Armes Arbeit geleistet, die dem Hammer die zur Bearbeitung des Eisens nötige Wucht verleiht. Beim Niederfallen des Hammers wird die Bewegung durch das Eisen gehemmt, der Hammer kommt zur Ruhe. Die demselben inwohnende Wucht ist durchaus nicht verschwunden, sondern in den getroffenen Körper übergegangen, wo sie Schwingungen seiner Moleküle wachrief, die wir als Wärme empfinden. Die bei Kontraktion des Muskels gebildete Wärme hat möglicherweise zweierlei Quellen. Zum großen Teil rührt sie von der Arbeit her, welche innerhalb des Muskels durch die Widerstände verbraucht wird. Beim Zusammendrücken der eigenen Substanz infolge Kontraktion, beim Reiben des Muskels in seinen Hüllen, der Sehnen in ihren Scheiden wird auf mechanischem Wege Wärme erzeugt. Außerdem ist es aber auch möglich, daß schon beim chemischen Prozesse selbst nicht die ganze Quantität der lebendigen Kraft als Arbeitskraft, sondern zum Teil als Wärme zum Vorschein kommt. Die durch den chemischen Prozeß gebildete Wärme kann jedoch nicht sekundär in Bewegung umgesetzt wer-

during the chemical processes in the human body warmth is formed. The chemical processes, appearing during the contraction of the muscle, furnish not only warmth, but also movement. Now warmth and movement are alike in value. The first consists in a movement of the smallest particles of the body, which cannot be dissected any more, and are called molecules. On account of the smallness of the molecules this movement is not visible, but brings forth that impression of feeling on our sense, that we call warmth. With the transformation of the visible bodily movement into the invisible movement of the smallest part of a body arises warmth. When hammering iron, work is done through lifting the arm, which furnishes to the hammer the weight necessary for hammering the iron. With the falling down of the hammer the movement is arrested through the iron, the hammer gets rest. The weight contained therein has by no means disappeared, but has passed over to the smitten body, where it called forth movements of its molecules which we feel as warmth. The warmth formed with the contraction of the muscles has possibly two different kinds of sources. For the greater part it comes from the work, being used up inside of the muscle through the resistance. Warmth will be generated in a mechanical way by pressing together its own substance in consequence of contraction, by rubbing the muscle in its coverings, or the sinews in their sheaths. But besides it is also possible, that already during the chemical process the whole quantity of the vital power will not appear as working power, but partly as warmth. The warmth formed through the chemical process cannot be transformed secondarily in motion, as every arrangement, by which warmth could be transformed into moving power, is missing. The development of warmth in the active muscle goes parallel with the labouring force. If the same labouring force is used up once through many, but smaller, the second time through few, but greater contractions, the development of warmth is greater in the second case. Therefrom results, that great contractions are combined with a greater change of matter than smaller ones. The greater change of matter proclaims itself through quicker fatigue, which we will discuss later on. The more strained a muscle is, the greater is the development of warmth. If one prevents a muscle from shortening itself through fixation of its end, in other words, if one provides the biggest possible resistance, then at the irritation appears the maximum of heating (biggest change of matter). The sum of work and warmth in the muscle must be always of the same value as the exchange of a corresponding measure of chemical elasticities in the same. The greater

den, weil im Muskel jede Vorrichtung, durch welche Wärme in bewegende Kraft umgesetzt werden könnte, fehlt. Die Wärmeentwicklung im tätigen Muskel geht mit der Arbeitsleistung parallel. Wird dieselbe Arbeitsleistung einmal durch viele, aber kleinere, das zweite mal durch wenige, aber größere Kontraktionen aufgebracht, so ist im letzteren Falle die Wärmeentwicklung größer. Daraus erhellt, daß große Kontraktionen mit einem bedeutenderen Stoffumsatz einhergehen als kleinere. Der größere Stoffumsatz kündigt sich durch raschere Ermüdung, worauf wir noch zurückkommen werden, an. Je mehr ein Muskel gespannt wird, desto größer wird die Wärmeentwicklung. Verhindert man einen Muskel durch Fixierung seiner Enden, sich zu verkürzen, stellt man also den größtmöglichen Widerstand her, so tritt bei der Reizung das Maximum der Erwärmung (größter Stoffumsatz) ein. Die Summe von Arbeit und Wärme im Muskel muß stets dem Umsatz eines entsprechenden Maßes chemischer Spannkraft in demselben gleichwertig sein. Von diesen wird ein um so größerer Teil in Arbeit umgesetzt, je größer die Kraft ist, die sich der Zusammenziehung des Muskels entgegenstellt. Bei geringeren Widerständen ist die geleistete Arbeit ein kleiner Bruchteil der umgesetzten Spannkraft. Es ist allgemein bekannt, daß Übung, resp. zweckentsprechende Betätigung nicht nur die Muskeln in ihrem Umfange vergrößert, sondern auch ihre spezifische Kraft erhöht. Wird ein Muskel derart freigelegt, daß man an seinem unteren Ende ein Schälchen mit Gewichten aufhängen und ihn gleichzeitig durch elektrische Reizung zur Zusammenziehung bringen kann (in hängender Stellung), so wird bei Hinzufügen von Gewichten im Schälchen ein Moment eintreten, wo der Muskel bei der stärksten Reizung das Schälchen von der Unterlage eben nicht mehr aufzuheben vermag. Diese Gewichte im Verein mit dem Gewichte des Schälchens und Hakens, mittelst welchen das erstere am Muskel aufgehängt war, geben das Maß für die absolute Kraft des Muskels. Die absolute Kraft des Muskels hängt vom Querschnitt ab. Denkt man sich neben einem gerade gefaserten Muskel einen ebensolchen, so würde er das gleiche Gewicht heben, also beide Muskeln zusammen das Doppelte. Denkt man sich beide quer durchgeschnitten, so hat man einen doppelt so großen Querschnitt als an einem Muskel. Je größer also der Querschnitt eines Muskels, desto größer das Gewicht, welches er zu heben imstande ist. Die Hubhöhe, d. i. die Höhe, bis zu welcher ein Muskel ein geringes Gewicht heben kann, hängt von seiner Länge, resp. der Länge seiner Fasern ab. Unter günstigen Verhältnissen kann sich ein Muskel sogar um fünf Sechstel seiner Länge zusammenziehen. Das gehobene Gewicht,

the power, opposing the contraction of the muscle, the greater is the part these take in the work. With smaller resistances the effected work is a small fraction of the transposed elasticities. It is well known, that exercise, or something answering for the purpose, not only enlargens the muscles in their size, but augments also their specific power. If a muscle be placed free in such a way, that one can hang on its lower end a cup with weights and can bring it at the same time to contraction through electric irritation (in pending position), a moment will appear when adding weights in the cup, when the muscle will not be able anymore to lift the cup from the bed, even at the strongest irritation. These weights, combined with the weight of the cup and the hook, by means of which the former has been hung on the muscle, give the measure for the absolute strength of the muscle. The absolute strength of the muscle depends on the crosscut. If one imagines next to a square fibred muscle one exactly alike, it would lift the same weight, thus both muscles are double. If one imagines both cut through crosswise, one has a crosscut twice as big, as with one muscle. The greater the crosscut of a muscle, the greater the weight it is able to lift. The lifting height, that is the height up to which a muscle can lift a little weight, depends on its length or the length of its fibres. Under favourable circumstances a muscle can contract itself for $\frac{5}{6}$ of its length; the lifted weight, multiplied with the lifting height, corresponds with the work the muscle performs at the contraction. The greatness of the weight depends on the cross cut, the lifting height on the fibres of the muscle. If the length of the fibres be multiplied with the cross cut, one gets the volume of the contracting muscular matter. That does not mean anything else than that the greatness of the work of a muscle grows and falls with the greatness or the volume of it. To be able to apply the above to practical examples, we must first be clear as to the nature of fatigue of the muscle.

multipliziert mit der Hohlhöhe, entspricht der Arbeit, welche der Muskel bei der Kontraktion leistet. Die Größe des Gewichtes ist vom Querschnitt, die Hohlhöhe von der Faserlänge des Muskels abhängig. Wird die Länge der Fasern mit dem Querschnitt multipliziert, so erhält man das Volumen der sich kontrahierenden Muskelmasse. Das besagt nichts anderes, als daß die Größe der Arbeit eines Muskels mit der Größe, dem Volumen desselben, wächst oder fällt. Um das Besprochene auf praktische Beispiele anwenden zu können, müssen wir uns vorerst über das Wesen der Ermüdung des Muskels klar werden.

Ermüdung des Muskels.

Bekanntlich ist Ermüdung jener Zustand, in welchen der angestrenzte Muskel oder der in anhaltender Tätigkeit befindliche Muskel gerät. Die Ermüdung äußert sich als Gefühl der Abspannung, Druck, Ziehen, Schwere und schließlich Schmerz, wobei die Leistungsfähigkeit und Beweglichkeit geringer wird. Wollte man in diesem Zustande die gleiche Arbeit leisten, wie vorher, so müßte man eine größere Willensanstrengung aufbringen. Als Ursache der Ermüdung wird Anhäufung von Umsetzungsprodukten (Ermüdungsstoffen), die sich bei der Tätigkeit des Muskels bilden (Phosphorsäure, Kohlensäure, usw.), betrachtet. Dafür spricht der Umstand, daß, wenn man jene Substanzen durch Hindurchleiten von 0,6% Kochsalzlösung durch die Muskelgefäße hinwegspült, der ermüdete Muskel wieder leistungsfähiger wird. Umgekehrt kann man einen leistungsfähigen Muskel ermüden, wenn man verdünnte Phosphorsäure oder saures phosphorsaures Kalium in die Muskelgefäße injiziert. Auch geistige Anstrengung setzt die Leistungsfähigkeit der Muskeln herab. Der Ermüdungsschmerz beruht höchstwahrscheinlich auf der Erregung der sensiblen Nerven, welche sich im Muskel ebenso baumförmig verzweigen, wie die motorischen, durch die Stoffwechselprodukte der Anstrengung. Der Schmerz verhindert ohne Zweifel, daß die Ermüdung gewisse gefährliche Grade annimmt. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß der Muskel viel früher ermüdet als der Nerv. Andererseits bedarf der Nerv viel längere Zeit zur Erholung als der Muskel. Die Schnelligkeit der Ermüdung bei verschiedenen Individuen ist verschieden. Die Erschöpfung tritt um so schneller ein, je geringer das Intervall zwischen zwei Kontraktionen ist. Bei einem Rhythmus von je einer Kontraktion in zehn Sekunden tritt gar keine Ermüdung ein, so daß eine Ruhezeit von zehn Sekunden genügt, um den Skelettmuskel vollständig ausruhen zu lassen. Arbeitet der Muskel in einem schnellen Rhythmus bis zur vollständigen Ermüdung, so braucht er zur voll-

Muscle Fatigue.

Notoriously fatigue is that condition, into which the strained muscle or the muscle in continual activity, falls. The fatigue manifests itself as feeling of relaxation, pressure, drawing, heaviness and finally pains, wherewith the productiveness and movability become smaller. If one wanted to perform the same work as before in this condition, one would have to employ a much greater energy. As cause of the fatigue accumulation of transposition products (fatiguing matters), forming themselves with the activity of the muscles (phosphoric acid, carbonic acid a. s. f.) is considered. For this speaks the circumstance, that the fatigued muscle becomes again abler to work, if one wash off those substances by conducting 6% of common salt solution through the muscular tubes. Vice versa, one can tire an able muscle, if one injects thinned phosphoric acid or sour phosphorous Kalium in the muscular tubes. Also mental work diminishes the capacity of the muscles. The fatiguing pain depends very likely on the excitement of the sensible nerves, intertwining in the muscle just as tree-like as the motoric, through the change of matter products caused by the straining. The pain prevents without doubt, the fatigue from reaching certain dangerous degrees. Close investigations have proved, that the muscle tires much sooner than the nerve. On the other hand the nerve requires much more time to recover than the muscle. The quickness of fatigue is different with different people. The exhaustion comes the sooner, the smaller the interval between two contractions is. With a rhythm of one contraction in 10 seconds no fatigue whatever sets in, so that a resting time of 10 seconds is sufficient to let the skeleton muscle repose entirely. If the muscle works in a quick rhythm till complete fatigue, it requires for a complete recovery a proportionately long time (1½—2 hours). Experiments made to this effect have proved, that the last contractions of a complete fatigue chain are the most injurious. If one lets the muscle execute only the first part of

ständigen Erholung eine verhältnismäßig lange Zeit (anderthalb bis zwei Stunden). Diesbezüglich angestellte Versuche haben ergeben, daß die letzten Kontraktionen einer vollständigen Ermüdungsreihe am schädlichsten sind. Läßt man den Muskel nur die erste Hälfte einer Ermüdungsreihe, etwa 20 Kontraktionen, ausführen und gönnt ihm dann eine Ruhezeit, so wird er innerhalb einer viel kürzeren Zeit vollständig ausgeruht sein, als der vollkommen ermüdete Muskel benötigt. Die gesamte während eines Tages zu leistende Arbeit wird dabei bei entsprechender Anordnung beträchtlich größer sein. Blutarmut, Fasten, Mangel an Schlaf setzen das Arbeitsvermögen herab und beschleunigen das Eintreten der Erschöpfung. Endlich übt die Ermüdung einer Muskelgruppe einen nicht zu verkennenden Einfluß auf andere Muskeln aus, indem z. B. Ermüdung der Beine Ermüdung der Arme beschleunigt. Im allgemeinen kann man sagen, daß das größte Arbeitsquantum bei einer mittleren Belastung, resp. Anspannung des Muskels erhalten wird. Bei stärkerer Belastung tritt die Ermüdung viel schneller ein, als bei der geringeren; wird aber die Belastung zu klein, so kann der Muskel selbstverständlich keine bedeutende Arbeit leisten. Die Leistungsfähigkeit wird durch Ruhe, Nahrungsaufnahme, sowie Massage erhöht. Letztere wirkt auch ohne vorausgegangene Ermüdung günstig. Die Wirkung der Massage liegt nicht allein in der Entfernung der durch die Arbeit entstandenen Produkte, sondern auch in einem wesentlichen Grade in der dadurch hervorgerufenen lebhafteren Zirkulation von Blut und Lymphe, sowie in den möglicherweise durch dieselbe hervorgerufenen Stoffwechselveränderungen. Auch systematische Tätigkeit befähigt die Muskeln zu größeren Leistungen, wobei auch eine Zunahme der Muskelmasse beobachtet wird. Mit letzterer Hand in Hand geht eine Steigerung der Blutmenge einher, und zugleich werden Knochen, Sehnen und Bänder widerstandsfähiger. Schwache Muskeln werden im Zustande der Arbeit durch Einschaltung von Widerständen geübt. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß, wenn es sich darum handelt, mit voller Kraft die Wirkung eines Muskels zu entfalten, wir ihn unwillkürlich in den Zustand möglicher Dehnung versetzen (Ausholen). Von diesem aus ist der Muskel tatsächlich der größten Kraftentfaltung fähig. Die Dehnbarkeit des Muskels ist bei gleicher Belastung oder Anspannung im tätigen Zustand größer als in der Ruhe, nimmt aber mit zunehmender Belastung sowohl in der Tätigkeit als auch in der Ruhe ab. Sie wird wahrscheinlich nur denjenigen Grad besitzen, der nötig ist, um den Muskel vor Zerreißen bei plötzlichen Hemmnissen zu schützen, ohne seiner Kraft unnütz Abbruch zu tun. Nun

a chain of fatigue (about 20 contractions) and allows then a repose, it will be entirely rested in a much shorter time than the entirely fatigued muscle requires. The whole work to be done in a day will be much bigger if duly proportioned. Anæmia, fasting want of sleep, bring down the capability of working and quicken the appearance of exhaustion. Finally the fatigue of a group of muscles exercises an influence not to be mistaken on other muscles, as, to give an example, fatigue of the legs quickens fatigue of the arms. In general one can say, that the biggest quantity of work can be attained by a medium straining of the muscle. With a heavier charge the fatigue sets in much quicker than with a lighter one; if the charge though becomes too little, the muscle cannot do of course any considerable work. The productiveness will be raised of course through rest, nourishment and massage. The latter influences also favourably without preceding fatigue. The effect of the massage rests not only in the removal of the products generated through work, but also in a very important degree in the quicker circulation of the blood and the lymph effected through it and in the alteration of change of matter possibly caused by it. Also systematical activity enables the muscles to perform greater doings, wherewith also an increase of the muscular matter will be observed. With the latter goes hand in hand an increase of the quantity of blood and at the same time bones, sinews and ligaments become more resisting. Weak muscles will be practised through applying resistance. It is a known fact, that if it is the question to develop with full power the effect of a muscle, we put it involuntarily in the state of the most possible tension. From this the muscle is actually capable of the biggest developing of power. The extensibility of the muscle is at equal straining bigger in active condition than if resting; but it decreases with increasing charge as well in activity as in repose. It will possess very likely only the degree necessary to protect the muscle against breaking at sudden obstructions, without harming unnecessarily its power. Now we will apply the above to the test of a practical example, by analysing a finger exercise with regard to its value.

wollen wir das Besprochene zur Begründung eines praktischen Beispiels heranziehen, indem wir eine Fingerübung auf ihren Wert analysieren. —

Anwendung der dargestellten Theorie auf ein praktisches Beispiel.

In diesem Beispiel wird eine Streckung bis zur Duodezime vollführt, indem der erste Finger das *e* auf der *D*-Saite und der vierte Finger das *h*, welches in der ersten Lage mit dem vierten Finger auf der

Application of the presented theory to a practical test.

In this example a stretching will be executed up to the Duodecime, as the first finger covers the *e* on the *D*-string and the fourth finger the *b* (which would have to be grasped on the *E*-string in the first position)



E-Saite zu greifen wäre, auf der *A*-Saite greift. Natürlich ist dies nur in Streckstellung der Hand, auf die wir im praktischen Teil zurückkommen werden, möglich. Während erster und vierter Finger *e* (*D*-Saite) und *h* (*A*-Saite) festhalten und beide Saiten mit dem Bogen gestrichen werden, bewegen sich dritter und zweiter Finger in der Distanz einer Oktav (*h*) und Dezime (*gis*) auf der *D*-Saite so lange, bis Schmerzgefühl eintritt, worauf kurze Pause zur Erholung der in Anspruch genommenen Muskeln gehalten wird. Selbstverständlich wird der in der Hand befindliche, bindegewebige Bandapparat, wenn ähnliche Übungen häufig betrieben werden, durch die wiederholte ausgiebige Dehnung nachgiebiger und wird mit der Zeit immer weniger als Hemmnis in die Wagschale fallen. Wir wissen, daß bei jeder noch so einfach scheinenden Bewegung nicht einzelne Muskeln, sondern Muskelgruppen beteiligt sind. Dabei kommen nicht nur solche Muskeln in Betracht, die im Sinne der beabsichtigten Bewegung wirken (*Synergisten*), sondern auch Muskeln von entgegengesetzter Wirkung (*Antagonisten*), welche, indem sie Widerstände bei der Bewegung schaffen, letzterer das zweckentsprechende Maß zu verleihen helfen. Es ist also bei einer bestimmten Bewegung, wie ich sie in der obigen Fingerübung gewählt habe, nicht gut möglich, sämtliche beteiligte Muskeln genau zu bestimmen. Darauf kommt es aber auch gar nicht an, da es sich in erster Linie darum handelt, festzustellen, ob die in der Handfläche gelegenen Muskeln beteiligt sind und in günstiger Weise durch die oben angeführten Fingerbewegungen beeinflußt werden. Wir wissen, daß die über das Handgelenk hinwegziehenden langen Beuger und Strecker der Finger von der Stellung des Handgelenks abhängig sind, wie ich dies ausführlich in der Anatomie der Muskeln besprochen habe. Beim Spielen in hohen Lagen erfährt das Handgelenk eine starke

with the fourth finger, on the *A*-string. Of course, this is only possible with a stretched position of the hand which we will discuss in the practical part. While first and fourth finger cover *e* (*D*-string) and *b* (*A*-string) and both strings crossed by the bow, third and second finger move in the distance of an octave (*b*) and decime (*gis*) on the *D*-string and continue until pain sets in; then a short pause must be made for the recovery of the employed muscles. Of course, the ligamentous apparatus in the hand, if similar exercises be practised often, becomes more flexible through the repeated extensive tension and will present, with time, always a smaller and smaller resistance. We know, that even with the movement which seems most simple, not single muscles, but groups of muscles take part. Here not only such muscles are to be considered, which operate acting in the sense of the intended movement (*Synergites*), but also muscles of contrary effect (*Antagonists*); these in causing resistance to the movement help to grant to the latter the suitable measure. It is thus with a certain movement (as chosen in the finger practise above) not very possible to fix the interested muscles closely, but that does not matter, as it is the principal point to ascertain, if the muscles in the palm of the hand are taking a part and if they are influenced favourably by the finger practices mentioned above. We know that the long flexors and extensors drawing over the wrist depend on the position of the wrist, as I have explained in the anatomy of the muscles. In playing in high positions the wrist experiences a strong flexion towards the hollow of the hand, so that the extensors digitorum are extensively stretched; in this condition they are capable of employing great force, whereas the flexor muscles will be extensively relaxed and can do very little in comparison to their Antagonists, as they can effect in this condition (little charge) only

Beugung hohlhandwärts, so daß die Fingerstrecker stark gespannt werden, in welchem Zustande sie einer großen Kraftentfaltung fähig sind. Die Beuger hingegen werden beträchtlich entspannt und können gegenüber ihren Antagonisten sehr wenig leisten, da sie in diesem Zustande (geringe Belastung) eine unbedeutende Arbeit aufzubringen vermögen. Nun sollen wir aber auch in hohen Lagen oft durch längere Zeit nicht nur präzise Streck-, sondern auch fein abgemessene Beugebewegungen der Finger ausführen. Wären wir auf unsere langen Fingerbeuger allein angewiesen, so würde es uns dabei ziemlich schlecht ergehen. Durch die in der Handfläche selbst gelegenen Zwischenknochen- und Spulwurmmuskeln wird ein voller Ausgleich dieser Mängel herbeigeführt. Sie beugen bekanntlich sämtlich das Grundgelenk und strecken die beiden Endglieder der Finger, was in hohen Lagen die Hauptsache ist. Dazu kommt, daß die äußeren Zwischenknochenmuskeln die Fähigkeit besitzen, die Finger zu spreizen und die inneren, die Finger aneinanderzubringen, was bei verschiedenen Lagen und Fingerbewegungen entschieden von Bedeutung ist. Indem wir die Hand in eine Stellung bringen, wie sie das obige Notenbeispiel verlangt, findet eine Dehnung sowohl des Bandapparates, als auch der in der Handfläche gelegenen Muskeln statt. Daß auch die langen Beuger und Strecker in dieser Handstellung eine Dehnung erfahren werden, bedarf keiner weiteren Erörterung. Nun wissen wir, daß selbst isoliert gelagerte Muskeln nur in Gemeinschaft mit anderen kontrahiert werden. Allerdings läßt sich durch Übung die Isolation der Bewegungen weit treiben, aber es gelingt lange nicht in dem Maße, die Muskeln als solche in ihrer Tätigkeit unabhängig von anderen Muskeln zu machen. Bekanntlich wird bei mittlerer Belastung das größte

Arbeitsquantum

aufgebracht. Wird die Belastung, resp. Spannung des Muskels größer, so sinkt das Arbeitsquantum, weil die Ermüdung rascher eintritt, der Muskel also kürzere Zeit zu arbeiten imstande ist, als bei mittlerer Belastung; dagegen steigt die

Arbeitsgröße,

d. i. die in einer bestimmten Zeit geleistete Arbeit. Obige Fingerübung, bei der die Spannung sehr groß ist, was gleichbedeutend ist mit großer Belastung, kann nur kurze Zeit ausgeführt werden, da die Ermüdung rasch eintritt. Nun wird ein Muskel sich um so kräftiger kontrahieren müssen, je größer der Widerstand ist, den er überwinden muß. Die Arbeitsgröße steigt also mit dem Widerstand. Damit geht Hand in Hand ein größerer Stoffumsatz in den betroffenen Muskeln, eine Steigerung der Blutmenge in

unimportant work. Now we have to execute also in high positions, often for some time, not only precise stretching-, but also fine measured bending movements of the fingers. If we were to depend entirely on our long flexors digitorum, the result would be very bad. A full compensation for these deficiencies is brought about through the metacarpal bones and the lumbricalis muscles, situated in the palm of the hand itself. All of them bend, as is known the basis joint and stretch both terminal knuckles, which is a principal matter in high positions. To that must be added that the outer Wormian bone muscles possess the ability to spread the fingers and the inner to bring the fingers together, which is of importance in different positions and finger movements. While we bring the hand in a position, as required by the example of notes given above, a tension takes place as well of the ligamentous apparatus, as also of the muscles situated in the palm of the hand. It does not require a further discussion to show that also the long flexor muscles and extensors will experience a tension in this position of the hand. Now we know that even isolated muscles will be contracted only together with others. Of course the isolation of movements can be carried far through practice, but it does not succeed in rendering the muscles, as such, in their activity, independent of other muscles. Notoriously the biggest quantity of work will be produced by a medium charge. If the charge or the tension of the muscle becomes greater, the

amount of work produced

decreases, as fatigue sets in quicker and thus the muscle can work only for a shorter time than with a medium charge; on the other hand the power of

work rises,

that is, the work done in a certain time.

The above mentioned finger practice, with which the tension is very big (equal to a great charge) can be executed only for a little time, as fatigue sets in quickly. Now a muscle must contract itself in proportion to the resistance it must overcome.

The amount of work thus rises with the resistance. With that goes hand in hand a greater exchange of matter in the muscles concerned, a raising of the quantity of blood in the same, procuring of favourable

denselben, Schaffung günstiger Ernährungsbedingungen und Kräftigung. Im gegebenen Notenbeispiel sind also sämtliche Bedingungen für die Kräftigung der in der Handfläche gelegenen Zwischenknochen- und Lumbrikalmuskeln gegeben, da erstens infolge starker Dehnung große Kraftentfaltung auftritt, durch Fixierung des ersten und vierten Fingers in übermäßiger Streckung einzelne zugehörige Muskeln an ihrer Verkürzung fast gänzlich gehindert werden, was das Maximum der Wärmeentwicklung und damit des Stoffumsatzes verursacht, andere wieder bei großer Spannung, also Belastung arbeiten und große Widerstände überwinden müssen, die die Arbeitsgröße steigern, was ebenfalls mit größerem Stoffumsatz, größerer Blutmenge und rascherer Zirkulation einhergeht. Die Übermüdung tritt natürlich rasch ein, aber sie wirkt als eminent wichtiger Regulator, da sie uns zwingt, die Arbeit für kurze Zeit auszusetzen. Wir wissen, daß die Endglieder einer Ermüdungsreihe am schädlichsten sind. Wenn wir mit großen Widerständen arbeiten, so kündigt sich bald durch leichte Schmerzempfindung der Beginn der schädlichen Endglieder der Kontraktionsreihe an, und wir vermeiden es selbstverständlich, die volle Erschöpfung, die in diesem Falle mit großer Schmerzempfindung einhergehen würde, eintreten zu lassen. Das ist auch der Grund, weshalb wir nach solchen Übungen in kurzer Zeit ausgeruht und wieder leistungsfähig sind. Daß auch die langen Beuger und Strecker bei Streckstellung der Hand größere Widerstände als sonst bei der Arbeit zu bewältigen haben und damit auch für sie günstigere Bedingungen bei solchen Übungen geschaffen werden, ist einleuchtend. Es ist uns bekannt, daß Muskel, Nerv und das dazugehörige Nervenzentrum eine Erregungs- und Ernährungseinheit bilden. Vom Zentralnervensystem gehen Impulse zum Muskel, welche für seinen Unterhalt und seine normale Beschaffenheit von durchgreifender Bedeutung sind, da bei Durchschneidung des Nerven, also Trennung vom Zentrum, der Muskel schwächer und dünner wird und schließlich seine Erregbarkeit und Struktur verliert. Andererseits leidet das Nervensystem in beträchtlichem Grade, wenn die dazugehörigen Muskeln Schaden nehmen. Nach Amputation einer Extremität sah man Atrophie (Schwund) in denjenigen Leitungsbahnen und Zentren des Nervensystems auftreten, welche dieser Extremität zugeordnet waren. Aus dem Gesagten erhellt, daß, wenn es gelingt, bestimmte Muskelgruppen derart zu üben, daß sie eine Kräftigung erfahren, das dazugehörige Nervensystem ebenfalls günstig beeinflusst werden muß. Genauer über die Einflußnahme der Muskelkontraktion auf das Nervensystem kann erst nach Besprechung der elektrischen Vorgänge im tätigen

nourishing conditions and strengthening. In the given example of notes all conditions are given for the strengthening of the Wormian bones situated in the palm of the hand and the lumbrical muscles, as firstly, in consequence of a strong tension a great development of strength appears; through fixing of the first and fourth finger in excessive stretching single appertaining muscles will be nearly entirely hindered in their shortening, which causes the maximum of development of warmth and, with that, of the exchange of matter; others again work at a great tension (charge) and must overcome great resistance, raising the amount of work, which also goes with greater exchange of matter, greater quantity of blood and quicker circulation. The overfatigue sets in of course quickly, but it acts as an eminently important regulator, as it forces us to discontinue the work for a certain time. We know that the terminal members of a chain of fatigue are the most injurious. If we work with great resistance, the beginning of the injurious terminal members of the contraction row announces itself soon through a slight feeling of pain and we avoid of course letting the entire exhaustion begin which would happen in this case with feeling of great pain. This is also the reason why we are rested and again fit in a short time after such exercises. It is evident that also the long flexors and extensors in the stretching position of the hand have to master greater resistance than otherwise when at work and by that also favourable conditions are furnished for them with such exercises. We know that muscle, nerve and the appertaining centre of nerves form an irritation- and nourishing unit. Impulses go from the central nerve system to the muscle, and are of very great importance for its maintenance and its normal condition, as in cutting through the nerves, that is separating from the centre, the muscle becomes weaker and thinner and loses finally its irritability and structure. On the other hand, the system of nerves suffers in a high degree if the muscles belonging to it are damaged. After amputation of an extremity, we see atrophy appear in those channels and centres of the nervous system, which have been attached to these extremities. From that it is evident, that if one succeeds in exercising certain groups of muscles in such a way, that they experience a strengthening, the nervous system belonging to it must also be influenced favourably. Something more definite concerning the influencing of the muscle-contraction on the system of nerves can be imparted only after discussing the electric processes in the active muscle. What is the case, if I arrange the finger exercises in such a way, that the resistance introduced while executing them, are of

Muskel angegeben werden. Wie verhält sich die Sache, wenn ich die Fingerübungen derart einrichte, daß die eingeschalteten Widerstände bei Ausführung derselben mittleren Grades sind? Das entspricht einer Arbeitsleistung bei mittlerer Belastung und ergibt ein großes Arbeitsquantum. Ich kann also solche Fingerübungen unvergleichlich länger als die von mir angegebene kontinuierlich betreiben. In einem solchen Falle ist es aber sehr schwer, die Grenze zu finden, wo die schädlichen Endglieder der Ermüdungsreihe beginnen, um mit Vorteil die Übung unterbrechen zu können. Der Ermüdungsschmerz im angeführten Beispiele, der uns ein Halt zureißt, fällt hier aus, oder ist so minimal, daß wir im Eifer des Studiums demselben keine Beachtung schenken und richtig in die schädlichen Endglieder der Ermüdungsreihe hineinfallen. Schließlich zwingt uns die Erschöpfung, aufzuhören. Nun geschähe die mit großen Nachteilen verbundenen Verlethungen. Der Ungeduldige wartet durchaus nicht die notwendige Erholungszeit ab, sondern ist in erster Linie bestrebt, im Tag so viele Stunden der Übung als möglich zustande zu bringen. Und wenn der Tag nicht ausreicht, wird noch die Nacht herangezogen. Es wurde schon gesagt, daß eine solche Erschöpfung, wie die zuletzt beschriebene, eine stundenlange Pause zur Erholung bedarf, da schwere Schädlichkeiten mitgewirkt haben. Es ist uns ferner bekannt, daß der Muskel früher ermüdet als der Nervenapparat. Da die Arbeit mit Widerständen mittleren Grades, also relativ kleinen Kontraktionen, auch geringeren Stoffumsatz als Arbeit mit großen Kontraktionen bedingt und somit die Ermüdungstoffe nicht in dem Maße und rasch genug aufhäuft werden, daß sie übermaximale Reize auf die Endigungen der sensiblen Nerven ausüben können und Schmerzempfindung auslösen, so wird die Arbeit so lange fortgesetzt, bis die Ermüdung sich durch Abnahme der Erregbarkeit der betreffenden Muskeln kundgibt, indem nur mit Hilfe starker Reize, also Ausbringung einer größeren Willenskraft, die Arbeit fortgesetzt werden kann. Trotz Muskelermüdung wird somit die Arbeit fortgesetzt, bis endlich Erschöpfung des Nervensystems auftritt. Bei allen willkürlichen Bewegungen findet selbstverständlich auch im Zentralnervensystem Arbeit statt. Beim Erlernen bestimmter Muskelbewegungen werden im Zentralnervensystem allmählich Verbindungen zwischen verschiedenen Nervenbahnen gebildet, so daß die Muskeln, deren Zusammenwirken für einen bestimmten Zweck notwendig ist, wirklich gemeinsam arbeiten. Wir wissen, daß zur Verrichtung einer komplizierten Arbeit die Intaktheit des ganzen Gehirns erforderlich ist. Einfache Bewegungen, wie langatmige Fingerübungen mit kleinen Widerständen,

medium degree? This corresponds to a performance of work with medium charge and gives a great quantity of labour. I can manage therefore such finger exercises incomparably longer without stopping than the one indicated by me.

It is very difficult though in such a case to find the limits, where the injurious terminal members of the chain of fatigue begin, so as to be able to interrupt the exercise with advantage. The fatiguing pain in the example mentioned, calling on us to stop, is so little, that we don't notice it in the zeal of study and tumble actually on to the injurious members of the chain of fatigue. Finally exhaustion forces us to cease. Now happen the mistakes resulting in great disadvantages. The impatient person does not abide the time necessary for recovering, but endeavours frantically to do daily as many hours as possible of the exercise. And if the day does not suffice, the night will be employed. It has been said already that such an exhaustion, as the one last described, requires a pause of hours to recover, as serious evils have co-operated. We know further that the muscle tires sooner than the nerve apparatus. As labour with resistance of a middle degree, that is relatively smaller contractions, conditions less exchange of matter than labour with great contractions, and the tiring matter will not be stored in such a measure and enough quickly, to cause over-maximal irritations on the endings of the sensitive nerves and start feelings of pain, the result being, that the work will be continued, until the fatigue makes itself known through decrease of the excitability of the nerves concerned, as only by aid of strong irritations, that is bringing on the greatest energy, the work can be continued. In spite of the tiring of muscles the work will be continued, until finally exhaustion of the nervous system sets in. With all voluntary movements some work is done of course also in the central nerve system. By training different nerve-tracts are formed in the central nerve system, little by little, so that the muscles, their working together being actually necessary for a certain purpose, actually do work together. We know that the brain has to be intact for the performing of a complicated work. More simple movements such as long continued finger exercises with little resistance claim a little part of the centre; it comes even to the automatic discharge of the same, after the stone has almost been brought to roll through the necessary will impulses, without the sphere of consciousness being touched. On appearance of the feelings of fatigue, the impulses coming from the brain must be strength-

nehmen einen geringen Teil des Zentrums in Anspruch, ja, es kommt sogar, nachdem durch die erforderlichen Willensimpulse der Stein gleichsam ins Rollen gebracht wurde, zum automatischen Ablauf derselben, ohne daß also die Bewußtseinsphäre tangiert wird. Bei Eintritt der Ermüdungsgefühle müssen die vom Gehirn ausgehenden Impulse verärrkt werden; aber immer bleibt die Arbeit wegen ihrer Monotonie, durch welche sich keine Anknüpfungspunkte an größere Vorstellungskomplexe ergeben und somit von einer bemerkenswerten assoziativen Hirntätigkeit nicht die Rede sein kann, auf eine kleine Hirnpartie beschränkt. Werden somit derartige monotone Übungen stundenlang betrieben, was nur bei mittleren oder kleinen Widerständen möglich ist, so werden die betroffenen Muskeln wohl auch geübt, aber auf Kosten schwerer Schädigungen, die das Nervensystem und damit indirekt die Muskeln selber (wegen der Ernährungs- und Erregungsineinheit) erleiden. Je kleiner die in Anspruch genommene Hirnpartie ist, desto leichter fällt sie der Erschöpfung anheim.

Nervöse Erschöpfung.

Wir wissen aber auch, daß das Nervensystem viel mehr Zeit zur Erholung bedarf als der Muskel. Ist die nervöse Ermüdung derart, daß nur mit Aufbringung starker Willensimpulse die Arbeit fortgesetzt werden kann, so wird der Eifrige in seinem Wahn, das Beste zu tun, nicht die zur völligen Erholung nötige Pause, welche in solchen Fällen lang sein muß, abwarten, sondern zur un rechten Zeit die Arbeit wieder aufnehmen. Nachdem die Fingerübungen absolviert sind, werden Musikstücke, die eine komplizierte Hirntätigkeit erfordern, vorgenommen. Und da zeigt sich etwas faul im Staate Dänemark! Bei komplizierten Arbeiten muß das ganze Zentrum intakt sein, und in unserem Falle ist eine Hirnpartie infolge Erschöpfung minderwertig geworden und kann bei der Arbeit nicht entsprechend mithalten. Ist in einem solchen Falle ein erfolgreiches geistiges Verarbeiten eines Tonstückes möglich? Und doch rühmen sich manche Geiger, zehn Stunden täglich studiert zu haben. Die Erfahrung lehrt, daß, wenn die Arbeit an einer Maschine derart eingerichtet ist, daß z. B. nur die Hände in Anspruch genommen sind, die Ermüdung viel rascher eintritt, als wenn die gleiche Arbeit an einer derart konstruierten Maschine vollführt wird, an welcher auch die unteren Extremitäten beteiligt sind. Der Verbrauch von nutzbarem Material und die Anhäufung von Zersetzungsprodukten verteilt sich im letzteren Falle auf eine größere Anzahl von Muskeln, weshalb der Moment der Ermüdung später eintritt. Freilich sind die Vorgänge in der Tätigkeit der Nervenzellen nicht klar, aber aus der Reaktionsweise derselben, da

ened; but the work always remains limited to a small part of the brain on account of its monotony, owing to which no connecting points with greater complexes of ideas result, and thus there cannot be question of a remarkable associative activity of the brain. If consequently such monotonous exercises be practised for hours, what is only possible with medium and small resistances, the muscles concerned will be also exercised, but at the expense of great harm suffered by the nervous system, and therewith, indirectly by the muscles themselves (on account of the nourishing and irritation units). The smaller the claimed part of the brain is, the easier it gets exhausted.

Nervous Exhaustion.

We know also, that the nervous system requires much more time to recover than the muscle. If the nervous fatigue is such, that the work can be continued by help of the strongest will impulse, the zealous in his delusion to do the best will not mind the pause necessary for full recovery, but will start work again at a wrong time. After finishing the finger exercises, musical pieces requiring a complicated activity of the brain will be approached. And there something wrong shows up. For complicated works the whole centre must be intact and in our case a certain part of the brain has become inferior in consequence of exhaustion and cannot keep on equally. Is in such a case a successful performance of a piece of music possible? And all the same some violinists boast that they have studied daily for 10 hours. Experience teaches, that, if the work in a machinery is set in such a way, that, to give an example, only the hands are required, the fatigue sets in much quicker, than if the work be done by a machinery constructed in such a way, that also the lower extremities are employed.

The consumption of profitable material and the storing of products of decomposition divides itself in the latter case among a great number of muscles, wherefore the moment of fatigue sets in later. Of course the processes of activity of the nerve cells are not clear, but from their mode of reaction (as they possess the ability of summation of irritation and with continual irritating finally get into a state of exhaustion) the above mentioned can be applied

sie die Fähigkeit der Reizesummutation besitzen und bei fortgesetzter Reizung nach Entfaltung intensiver Wirkungen schließlich in den Zustand der Erschöpfung geraten, läßt sich das oben Gesagte auch auf das Nervensystem beziehen. Abwechslungsreiche Arbeit, welche fast alle Hirnabschnitte in Anspruch nimmt, führt viel später zur Ermüdung, als monotone Beschäftigung, die auf kaum nennenswerter assoziativer Tätigkeit beruht, und bei der offenbar die arbeitende Hirnmasse relativ gering ist. Wir wissen auch, daß geistige Erschöpfung die Leistungsfähigkeit der Muskeln herabsetzt. Nun ist der *Circulus vitiosus* fertig. Derjenige, dessen Nervensystem stark genug ist, solche Insulte ohne schwere Schädigung zu ertragen, gelangt schließlich doch zu einer ansehnlichen Technik, weil er ja unter allen Umständen doch Muskelgymnastik treibt; aber dieser Technik fehlt das geistige Substrat, den Formen, die sie schafft, fehlt jede gemüthliche Betonung, sie sinkt zu einem Kunsthandwerk herab. Wie ergeht es denjenigen, die nicht auf ein widerstandsfähiges Nervensystem pochen können? Die fortwährenden schädlichen Reize führen dahin, daß Muskeln und Nerven schließlich nicht den Zwecken entsprechend reagieren, es tritt der krankhafte Zustand des Violinspielerkrampfes auf, der das betroffene Individuum fast völlig berufsunfähig machen kann. Allerdings kann der Gottbegnadete sich selber mit großer Leichtigkeit über alle Klippen hinweghelfen und zu Ruhm gelangen. — Ergänzend möchte ich bemerken, in welcher Weise sich der Einfluß eines anerkannten Meisters auf das Studium geltend machen kann. Betreffs Technik insofern, als der Lernende sich gezwungen fühlt, gründlich zu sein. Beim Studium der Werke großer Komponisten hilft der Meister dem Schüler, den geistigen Wert derselben zu erfassen, durch Vorführung von Wort- und Klangbildern, mit denen der Gedankengang des Komponisten erfüllt gewesen sein konnte. Die Arbeit wird abwechslungsreich, weil große Vorstellungskomplexe in Bewegung gebracht werden. Da auch Tast- und Gesichtsbilder herangezogen werden (Fingergriffe, Notenbilder, usw.), werden fast alle Hirnzentren in assoziative Tätigkeit versetzt, womit auch eine Übung des Gedächtnisses verknüpft ist. Das Studium der Aufgaben vollzieht sich dann derart, daß Vorstellungen, die uns durch den Meister vermittelt wurden, einander hervorrufen, wie ich dies früher auseinandergesetzt habe. Ein Wortbild (z. B. gleich dem Rieseln eines Baches die Melodie gestalten) ruft ein Klangbild hervor (Ursache und Wirkung). Die kräftige Wirkung der Kontraste, die sich nachdrücklich einprägen, erleichtert die Reproduktion. Ein Griffbild verhilft zur Darstellung eines Klangbildes in der übertragenen Auffassung usw.

also to the nervous system. Diversified work, which claims nearly all sections of the brain, leads much later to fatigue than monotonous occupation, which depends upon associative activity, hardly worth mentioning, and with which the working substance of the brain is relatively small. We know also, that mental exhaustion diminishes the productiveness of the muscles. Now the *circulus vitiosus* is ready. He whose nervous system is strong enough to support such strains without serious injuries, finally may still acquire considerable technique as he cultivates, under all circumstances, muscle gymnastics; but these techniques need the intellectual substrata, the achievements of these techniques lack all soulful accentuation, they are lowered to an artistic trade. How can those fare, who cannot boast of a nervous system of such resisting power? The continual injurious irritations have the effect that muscles and nerves cease to react finally as required, the morbid state of the violinist-cramp appears and this can make the individual concerned nearly entirely unfit for his profession. He who is especially endowed, of course, can help himself with great facility over all obstacles and attain glory. Finally I want to explain, in which way the influence of a notable master can make itself felt during study. Regarding technique this occurs in so far as the student feels himself forced to be thorough.

In the study of works of great composers the master helps the pupil to get at the intellectual value of them through figures of speech and melodic pictures with which the mind of the composer might have been filled. The work becomes full of variety, because great complexes of ideas will be brought in motion.

As also touch- and facial-pictures are approached (finger-touches, notes- pictures) nearly all centres of the brain will be put in associative activity, where-with is also connected an exercise of the memory. The study of the lessons then takes place in such a way, that ideas, having been brought about by the master and call forth each other, as I have explained before. A figure of speech calls forth a melodic picture. The strong effect of the contrasts, impressing themselves energetically, facilitates the reproduction. A graspable figure helps to the representation of a melodic form in the transferred conception, etc.

III. Abschnitt (Elektrophysiologie).

Dieses Kapitel handelt von physiologischen Erscheinungen im tätigen Muskel und Nerven.

Galvanismus.

Bringt man zwei der unten benannten differenten Körper miteinander in direkte Berührung, so wird an dem einen derselben positive (+), an dem anderen negative (—) Elektrizität wahrgenommen. Diese Körper bilden die Spannungsreihe erster Klasse und heißen: Braunstein, Kohle, Platin, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei, Zink. Stets zeigt bei Berührung miteinander der vorangehende negative, der folgende positive Elektrizität. Flüssigkeiten, wie Lösungen von Säuren, Alkalien und Salzen, bilden die Elektrizitätserreger zweiter Klasse. Taucht man in eine Flüssigkeit zwei verschiedene Erreger der ersten Klasse, ohne daß sie sich direkt berühren, z. B. Kupfer und Zink, so zeigt sich am freien Ende des negativen Kupfers positive und am freien Ende des positiven Zinks

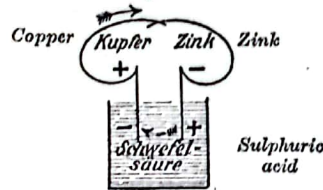
III. section. Electro-physiology.

In this chapter it is question of physiological appearances in the active muscles and nerves.

Galvanism.

If one brings two of the below named different bodies in direct contact with each other, in one of them positive (+), in the other negative (—) electricity will be observed. These bodies form the tension row of the first class and are called: manganese, coal, platina, gold, silver, copper, iron, tin; on touching each other, the preceding shows always negative, the following positive electricity. Fluids, like solutions of acids, alkalis and salts, form the agitators of electricity of the second class. If one dips in a fluid two different agitators of the first class, without that they touch each other directly (to give an example, copper and tin) on the free end of the negative copper positive and on the free end of the positive tin negative electricity will appear. Such a union is called galvanic

Fig. E.



negative Elektrizität. Eine solche Verbindung nennt man galvanisches Element. Wird in nebenstehender Figur der Drahtbügel, wo der obere Pfeil angebracht ist, unterbrochen, so ist das Element offen. Werden die Metallenden wie in der Figur durch einen Drahtbügel verbunden, so ist das Element geschlossen, und es entsteht ein galvanischer Strom. Beide Elektrizitäten fließen zur Ausgleichung in einander über — die Stromrichtung vom positiven zum negativen Ende —, während fort und fort neue Elektrizität erzeugt wird. Die tierisch elektrischen Erscheinungen wurden im Jahre 1788 von Galvani zum erstenmal beobachtet. Wird ein galvanischer Strom über eine frei bewegliche Magnetnadel hinweggeleitet, so dreht er dieselbe aus ihrer Ruhelage heraus. Diese Wirkung des galvanischen Stromes benutzt man zum Nachweise desselben. Handelt es sich um geringe Stromstärken, so wird der Leitungsdraht in zahlreichen Windungen um die Magnetnadel geführt. Die ablenkende Kraft wird im Verhältnisse der Anzahl der Windungen multipliziert. Derart eingerichtete Instrumente nennt man Multiplikatoren. Um noch größere Empfindlichkeit zu erreichen, bedient man sich einer astatischen

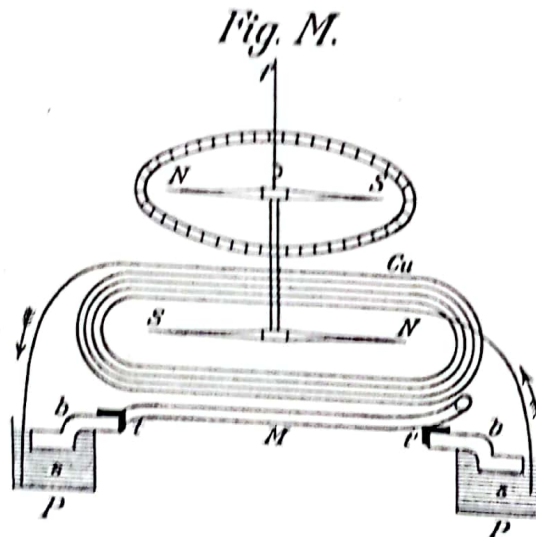
element (herewith fig. 5). If in the bystanding figure the wire-hoop, where the upper arrow is fixed, be interrupted, the element is open. If the ends of metal, as in the figure, are connected through a wire-hoop, the element is closed and a galvanic current originates. Both electricities run into one another for balancing — the direction of the current being from the positive to the negative end — while continually new electricity will be generated. The animal electric phenomena were observed for the first time by Galvani in the year 1788. Instruments adapted for this are called multipliers. To attain a greater sensitiveness, one uses an astatic double needle, that is, two as far as possible equally strong magnetic needles, connected with each other by an aluminium staff, in such a way, that the north-pole of the one needle stands over the south-pole of the other needle and vice versa.

Notably a simple magnetic needle regulates itself with its north-pole to the north and its south-pole to the south and will be held in this position through the terrestrial magnetism, so that weak electric currents produce only a slight turning aside on account

Doppelnadel, das sind zwei möglichst gleichstarke Magnetnadeln, die durch einen Aluminiumstab so miteinander verbunden sind, daß der Nordpol der einen Nadel über dem Südpol der anderen Nadel steht, und umgekehrt.

Bekanntlich stellt sich eine einfache Magnetnadel mit ihrem Nordpol nach Norden und ihrem Südpol gegen Süden gerichtet ein und wird durch den Erdmagnetismus in dieser Lage festgehalten, so daß schwache elektrische Ströme nur eine geringe Ablenkung hervorbringen wegen der Gegenwirkung des Erdmagnetismus. Werden nun zwei nahezu gleichstarke Magnetnadeln miteinander wie in Figur *M* verbunden, also in umgekehrter Polrichtung (Nordpol über dem Südpol und umgekehrt), so wird, wenn die magnetischen Kräfte in beiden Nadeln einander

of the opposing influence of terrestrial magnetism. If now two nearly equal strong magnetic needles will be united with each other as in fig. *M*, thus in opposite direction of poles, (Northpole over the Southpole and vice versa), the terrestrial magnetism wont be able to have any influence on them, if the magnetic powers in both needles balance each other as closely as possible. Fig. *M* represents schemed the construction of the multiplier. The astatic double needle will be suspended by means of a cocoon-thread (*f*) to answer zinc solution. The lower needle will be surrounded, with help of a frame, with thinly spun copper wire (*Cu*) in many windings, so that the sensibility of the instrument is as great as possible. The upper needle moves on a circular division, indicating the diverting of the needle in degrees. On examining the currents



möglichst genau die Wage halten, der Erdmagnetismus auf sie keinen Einfluß haben können. Figur *M* stellt schematisch die Konstruktion des Multiplikators dar. Die astatiche Doppelnadel wird mittelst eines Kokonfadens (*f*) entsprechend aufgehängt. Um die untere Nadel wird mit Hilfe eines Gestells dünn besponnener Kupferdraht (*Cu*) in vielen Windungen herumgeführt, damit die Empfindlichkeit des Instruments möglichst groß ist. Die obere Nadel spielt auf einer Kreiseinteilung, welche die Ablenkung der Nadel in Graden angibt. Bei Untersuchung der Ströme in Muskeln und Nerven würde man bei direkter Berührung derselben mit den Drahtenden falsche Resultate bekommen, da bei Berührung von feuchten Geweben mit Metallen Ströme entstehen, die mit den eigentlichen Nerven- und Muskelströmen nichts gemein haben. Um diese Fehlerquellen auszuschalten, bedient man sich einer Vorrichtung, wie sie in Figur *M*

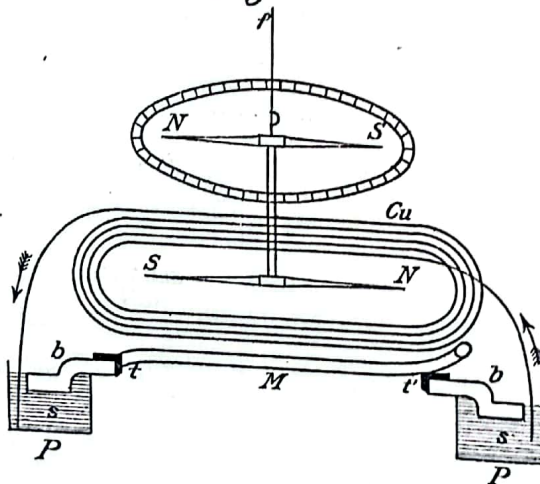
in muscles and nerves one would get wrong results if directly touching of them with the ends of the wire, as at the contact of moist tissues with metals currents arise, having nothing in common with the proper currents of nerves and muscles. To exclude these sources of mistake, one makes use of an arrangement, as represented in fig. *M*. Two caskets of zinc (*P, P*) are filled with a concentrated solution of zincvitriol (*s, s*). In the latter one dips a pad of blotting paper (*b, b*), which is saturated by a solution of zinc. Finally plastic clay is worked with a solution of 0.6% common salt and of that a thin layer (at *t* u *t'*) is put on the pads of paper, to protect the tissues to be examined against the corroding of the zincvitriol. In the figure one muscle (*M*) is so applied in relation to the layer of clay, that it lies at *A* with the crosscut and at *A'* with the longitudinal section, corresponding to the

Doppelnadel, das sind zwei möglichst gleichstarke Magnetnadeln, die durch einen Aluminiumstab so miteinander verbunden sind, daß der Nordpol der einen Nadel über dem Südpol der anderen Nadel steht, und umgekehrt.

Bekanntlich stellt sich eine einfache Magnetnadel mit ihrem Nordpol nach Norden und ihrem Südpol gegen Süden gerichtet ein und wird durch den Erdmagnetismus in dieser Lage festgehalten, so daß schwache elektrische Ströme nur eine geringe Ablenkung hervorbringen wegen der Gegenwirkung des Erdmagnetismus. Werden nun zwei nahezu gleichstarke Magnetnadeln miteinander wie in Figur M verbunden, also in umgekehrter Polrichtung (Nordpol über dem Südpol und umgekehrt), so wird, wenn die magnetischen Kräfte in beiden Nadeln einander

of the opposing influence of terrestrial magnetism, If now two nearly equal strong magnetic needles will be united with each other as in fig. M, thus in opposite direction of poles, (Northpole over the Southpole and vice versa), the terrestrial magnetism wont be able to have any influence on them, if the magnetic powers in both needles balance each other as closely as possible. Fig. M represents schemed the construction of the multiplier. The astatic double needle will be suspended by means of a cocon-thread (f) to answer zinc solution. The lower needle will be surrounded, with help of a frame, with thinly spun copper wire (Cu) in many windings, so that the sensibility of the instrument is as great as possible. The upper needle moves on a circular division, indicating the diverting of the needle in degrees. On examining the currents

Fig. M.



möglichst genau die Wage halten, der Erdmagnetismus auf sie keinen Einfluß haben können. Figur M stellt schematisch die Konstruktion des Multiplikators dar. Die astatiche Doppelnadel wird mittelst eines Kokonfadens (f) entsprechend aufgehängt. Um die untere Nadel wird mit Hilfe eines Gestells dünn besponnener Kupferdraht (Cu) in vielen Windungen herumgeführt, damit die Empfindlichkeit des Instruments möglichst groß ist. Die obere Nadel spielt auf einer Kreiseinteilung, welche die Ablenkung der Nadel in Graden angibt. Bei Untersuchung der Ströme in Muskeln und Nerven würde man bei direkter Berührung derselben mit den Drahtenden falsche Resultate bekommen, da bei Berührung von feuchten Geweben mit Metallen Ströme entstehen, die mit den eigentlichen Nerven- und Muskelströmen nichts gemein haben. Um diese Fehlerquellen auszuschalten, bedient man sich einer Vorrichtung, wie sie in Figur M

in muscles and nerves one would get wrong results if directly touching of them with the ends of the wire, as at the contact of moist tissues with metals currents arise, having nothing in common with the proper currents of nerves and muscles. To exclude these sources of mistake, one makes use of an arrangement, as represented in fig. M. Two caskets of zinc (P, P) are filled with a concentrated solution of zinc vitriol (s, s). In the latter one dips a pad of blotting paper (b, b), which is saturated by a solution of zinc. Finally plastic clay is worked with a solution of 0.6% common salt and of that a thin layer (at t u t') is put on the pads of paper, to protect the tissues to be examined against the corroding of the zinc vitriol. In the figure one muscle (M) is so applied in relation to the layer of clay, that it lies at A with the crosscut and at A' with the longitudinal section, corresponding to the

schematisch dargestellt wurde. Zwei Kästchen aus Zink (P, P) werden mit konzentrierter Zinkvitriollösung (s, s) gefüllt. In letztere taucht ein Fließpapierbausch (b, b), der von der Zinklösung durchtränkt ist. Schließlich wird plastischer Ton mit einer 0,6%igen Kochsalzlösung angeknetet und davon eine dünne Schicht bei t und t' auf die Papierbäusche aufgetragen, um die zu untersuchenden Gewebe vor der Ätzwirkung des Zinkvitriols zu schützen. In der Figur ist ein Muskel (M) entsprechend dem Tonbelag so angebracht, daß er bei t mit dem Querschnitt und bei t' mit dem Längsschnitt, welcher der Oberfläche des Muskels entspricht, aufliegt. Die Kupferdrahtenden tauchen in die Zinkvitriollösung.

Muskelströme.

Dieser Apparat setzt uns in den Stand, die Muskel- und Nervenströme zu untersuchen. Ganz frische, unverletzte Muskeln und Nerven sind völlig stromlos. Äquator nennt man am Muskel jene Linie, welche genau die Länge seiner Fasern halbiert. Wird ein Muskel so mit den Zuleitungsgefäßen (P, P) verbunden, wie ich es oben besprochen habe, so zeigt die Nadel eine Ablenkung, die einem Strom entspricht, der im Leitungsdraht (Cu) vom Längs- zum Querschnitt des Muskels, im Muskel selbst vom Querschnitt zum Längsschnitt verläuft (siehe die Pfeile!). Der Strom ist um so stärker, je mehr die eine Ableitungsstelle dem Äquator und die andere der Mitte des Querschnittes genähert ist. Umgekehrt wird der Strom um so schwächer, je mehr sich die eine Ableitungsstelle vom Äquator und die andere von der Mitte des Querschnittes gegen den Rand hin entfernt. Werden zwei gleichweit vom Äquator gelegene Punkte der Oberfläche, oder zwei gleichweit von der Mitte des Querschnittes abstehende Punkte abgeleitet, so entsteht kein Strom. Ebenso verhält sich der Nerv. Die elektrischen Differenzen der Muskelsubstanz zeigen sich noch an einem Bruchstück der Muskelfaser; es ist deshalb nicht unmöglich, daß sie ihren Sitz in den kleinsten Elementen des Muskels, den Molekülen, haben. Legt man statt des Querschnittes das sehnige Ende auf, so erhält man den gleichen Strom, da die Sehne als ein indifferenter Leiter betrachtet werden kann, und die Muskelfasern unter der Sehne facettenförmig endigen, so daß die Sehne als natürlicher Querschnitt des Muskels angenommen werden kann. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß der Muskel wie eine galvanische Kette wirkt. Wird aus dem Oberschenkel eines Frosches ein Nerv herauspräpariert und auf dem bloßgelegten Wadenmuskel einer anderen Extremität über einen Glasstab so auffallen gelassen, daß er sowohl die fleischige

surface of the muscle. The copper wire ends dip in the zincvitriol solution.

Muscle Currents.

This apparatus enables us to investigate the currents of the muscles and of the nerves. Quite fresh intact muscles and nerves are entirely currentless. That line on the muscle is called equator, which divides exactly the length of its fibres in two equal halves. If a muscle be thus joined with the conducting tubes (P, P) as I have described above, the needle shows a diversion corresponding to a current, subsiding in the conducting wire from (Cu) the longitudinal section to the crosscut of the muscle, in the muscle itself from the crosscut to the longitudinal section (see the arrows!). The current is the stronger the more one diverting point is approached to the equator and the other to the middle of the crosscut. Vice versa, the current becomes weaker and weaker, the more one diverting point moves away from the equator and the other from the middle of the crosscut towards the edge. If two points of the surface, being equally far from the equator, or two points standing off equally far from the middle of the crosscut, be diverted, no current originates. The same is the case with the nerve. The electric differences of the muscular substance show themselves still on a fragment of the muscular fibre; therefore it is not impossible that they have their seat in the smallest element of the muscle, in the molecules. If one applies the sinewy end instead of the crosscut, one obtains the same current, as the sinew can be considered an indifferent conductor and the muscle fibres end under the sinew facetlike, so that the sinew can be considered as natural crosscut of the muscle. It results from this that the muscle acts like a galvanic chain. If a nerve is prepared from the thigh of a frog and is applied on the bared gastrocnemius muscle of another extremity over a glass-staff in such a way, that it touches as well the fleshy surface (longitudinal section) as also its sinewy

Oberfläche (Längsschnitt) als auch dessen schnüres Ende (natürlicher Querschnitt) berührt, so tritt Zuckung im Oberschenkel ein. Der vom Längs zum Querschnitt gehende Strom des Wadenmuskels wird durch den Nerv abgeleitet. Wir haben gesehen, daß, wenn in einem galvanischen Element die Enden der in die Flüssigkeit tauchenden Metalle durch einen Drahtbügel verbunden werden, die beiden Elektricitäten zur Ausgleichung ineinander fließen. Der Strom bewegt sich vom positiven zum negativen Ende, was nur möglich ist, wenn die Spannung im Draht vom positiven gegen den negativen Pol abnimmt, da der Strom nur von Stellen höherer Spannung gegen die geringerer Spannung gerichtet sein kann. Werden nun zwei verschiedene Metalle der erwähnten Spannungsreihe in Berührung gebracht, so haben wir sie eben in leitende Verbindung gesetzt und sehen, daß der eine Körper sich mit positiver und der andere mit negativer Elektricität ladet. Bekanntlich besteht Anziehung zwischen den differenten Elektricitätsarten. Man sollte also erwarten, daß im obigen Beispiel, wo doch die leitende Verbindung gegeben ist, ein Überfließen beider Elektricitäten zum Ausgleich stattfinden müßte. Dies tritt aber nicht ein, sondern die verschiedenen Elektricitäten bleiben bei der Berührung mit unverändertem Spannungsunterschied getrennt erhalten. Diese Trennung kann nur durch Arbeit bewirkt werden. Diese Arbeitsgröße, deren Ergebnis den Spannungsunterschied beider Elektricitäten darstellt, wird elektromotorische Kraft genannt. Sie ist eben die Ursache, daß die beiden Elektricitäten getrennt erhalten werden. Die Stromstärke oder Intensität des Stromes stellt jene Elektricitätsmenge dar, welche in einer Zeiteinheit (Sekunde) durch einen beliebigen Querschnitt des Schließungskreises geht (Ampère). Wenn man ein galvanisches Element durch einen Draht schließt und gleichzeitig den Strom mißt, so findet man, daß letzterer schwächer wird, wenn man den Schließungsdraht länger macht. Die Schwächung des Stromes schreiben wir einem Widerstande zu, welchen der Draht dem Durchgange des Stromes entgegensetzt. Dieser Widerstand steht im geraden Verhältnis zur Länge des Leiters und im umgekehrten Verhältnis zum Querschnitt und seiner spezifischen Leitungsfähigkeit. Die Einheit des Widerstandes heißt Ohm. Versuche ergaben, daß die Stromstärke der elektromotorischen Kraft direkt proportional ist, also nur ein gleichzeitiges Steigen oder Fallen beider möglich ist; zum Gesamtwidestand des Stromkreises hingegen stehen beide im umgekehrten Verhältnis. Die kontraktile Substanz des Muskels ist mit derartigen Eigenschaften begabt, daß sowohl vernichtende, als auch erregende Einflüsse mit einer elektromotorischen Re-

end (natural crosscut), contraction sets in in the thigh. The current going from the longitudinal section to the crosscut of the gastrocnemius muscle will be diverted by the nerve. We have seen that, if in a galvanic element the ends of the metals dipping in the fluids be joined through a wire hoop, the two electricities flow into one another for balance. The current moves from the positive to the negative end, what is only possible, if the tension in the wire diminishes from the positive towards the negative pole, as the current can only be directed from points of higher tension towards the smaller tension. If now two metals of the mentioned tension row are brought to touch each other, we have put them precisely in conducting connection and will see that the one body loads itself with positive and the other with negative electricity. Notably attraction exists between different kinds of electricity. One ought to expect thus, that in the example above where, however, the conducting junction is given, an overflowing of both electricities ought to take place for equalizing. But this does not happen, the different electricities remain on touching separately preserved with unchanged difference of tension. This separation can only be effected through work. This volume of work, whose result represents the difference of tension of both electricities, is called electro-motoric power.

This is precisely the cause why the two electricities are maintained separated. The power of the current or intensity of the current represents that quantity of electricity, which passes through any crosscut of the closing circle (Ampère) in one unit of time (second). If one closes a galvanic element through a wire and at the same time measures the current, one will find, that the latter becomes weaker, if one makes the closing wire longer. We ascribe the weakening of the current to a resistance, raised by the wire against the passage of the current. This resistance stands in even relation to the length of the conductor and in reversed relation to the crosscut and its specific conductivity. The unit of the resistance is called Ohm. Experiments have shown, that the power of current is directly proportional to the electromotoric power, thus a rising or falling of both being only possible simultaneously; but both are in opposite relation to the total resistance of the circuit. The contractile substance of the muscle is favoured with such qualities, that as well annihilating as exciting influences are answered by an electromotoric reaction and in such a way, that the effected portion stands negative towards the unchanged portion. The electromotoric power of the injured muscle arises solely from the injury

aktion beantwortet werden, und zwar derart, daß der ergriffene Anteil sich negativ gegen den unveränderten Anteil verhält. Die elektromotorische Kraft des verletzten Muskels entspringt lediglich aus der Verletzung selbst. Man weiß, daß jede Durchschneidung den Faserinhalt am Querschnitt augenblicklich tötet, und daß der Absterbeprozess unter anderem, durch Säuerung — wie bei Kontraktion — erkennbar, in der Faser nach innen fortkeicht. Wenn wir also annehmen, daß die absterbende Substanz sich zur lebenden negativ verhält, so sind ohne weiteres alle Erscheinungen im ruhenden Muskel erklärt. Durch Erregung ergriffene Substanz verhält sich ebenfalls negativ gegen den unveränderten Faserinhalt, so daß sich die infolge Erregung bei der Kontraktion auftretenden Ströme, welche Aktionsströme genannt werden, ebenso wie die bei der Durchschneidung beobachteten Ströme (Demarkationsströme) erklären lassen. Legen wir nun einen Muskel mit seinem Längs- und Querschnitt so auf, daß er den Multiplikatorkreis schließt (wie in der Figur), so erhalten wir eine bestimmte Ablenkung der Nadel, die um so größer ausfallen wird, je stärker der abgeleitete Muskelstrom ist. Das ist der Strom des ruhenden Muskels. Bringe ich diesen Muskel durch einen elektrischen, mechanischen oder chemischen Reiz zur Kontraktion, nachdem natürlich die Nadel eine feste Stellung eingenommen hat, so beobachtet man ein Zurückgehen der Nadel, was mit einer Abnahme des Muskelstromes gleichbedeutend ist. Diesen Vorgang bei der Muskelkontraktion nennt man negative Stromschwankung. Bei der Kontraktion des Muskels, der ursprünglich einen starken Strom zeigte, schwächt sich der Strom um so mehr, je energischer sich der Muskel zusammenzieht, und je größer der primäre Ausschlag war. Alle im Körper einige Zeit verlaufenden Kontraktionen setzen sich aus einer Reihe von schnell hintereinander erfolgenden einzelnen Zuckungen zusammen. Jede noch so stetige Bewegung läßt bei genauer Beobachtung ein intermittierendes Schwanken erkennen, das beim Zittern seinen Höhepunkt erreicht. Wird ein Muskel an einem Ende direkt gereizt, so daß eine Kontraktionswelle schnell durch die ganze Länge der Muskelfasern hindurchzieht, so ist allemal sukzessive jede Muskelstelle, kurz bevor sie sich kontrahiert, negativ elektrisch. Es läuft also eine Negativitätswelle der Kontraktionswelle voraus. Erstere fällt also in die Zeit der latenten Reizung, d. i. die Zeit, die der Reiz zur Entfaltung seiner Wirkung benötigt, und hat mit der Kontraktionswelle gleiche Geschwindigkeit (3–4 m in der Sekunde). Sie geht also der Kontraktion voraus, hält aber noch die ganze Kontraktionsdauer an. Es ist ohne Zweifel fest-

Itself. One knows, that every cutting through kills immediately the fibre contents on the crosscut and that the decaying process, perceptible through acidification, as with contraction, creeps further towards the inside in the fibre. If we suppose now, that the decaying substance stands negative to the living, all appearances in the resting muscle are explained without any further difficulty. The substance effected through irritation also stands negative towards the unchanged contents of fibres, so that the currents appearing in consequence of irritation at the contraction (called action currents) explain themselves as well as the currents observed at the transsection (demarcation currents). If we now apply a muscle with its longitudinal section and its crosscut in such a way, that it closes the multiplier circle (as in the figure) we get a certain diverting of the needle, which will be the larger, the stronger the diverted muscle current is. This is the current of the resting muscle. If I bring this muscle through an electric or mechanic or chemical irritation to contraction (after the needle has taken of course a fixed position) one observes a going back of the needle, which is equal to a decrease of the muscular current. This process at the contraction of muscles is called negative current-awerving. At the contraction of muscle, which showed originally a strong current, the current weakens the more, the more energetically the muscle contracts and the bigger the primary issue was. All contractions subsiding for some time in the body combine themselves to a suite of quiverings following each other very quickly. Every movement, however steady, allows us to recognize at close observation an intermittent vibrating, reaching its summit when trembling. If a muscle be directly irritated at one end, so that a contraction wave passes quickly through the entire length of the muscle fibres every muscular place is always successively negatively electric, shortly before the contraction. There runs thus ahead of the contraction wave a negative wave. The latter falls thus in the time of the latent irritation, that is the time which the irritation requires for the development of its effect and has the same speed as the contraction wave (3 to 4 m in one second). It goes thus ahead of the contraction, but keeps on during the entire duration of the contraction. It is established without any doubt, that all currents of action depend on the negative state of the fibre sections in irritation towards resting or weaker irritated fibre sections. The negative vibrating of currents is explained in this way, that during the activity of the muscle and the nerve the electromotoric powers of all the molecules diminish. If a muscle is

gestellt, daß alle Aktionsströme darauf beruhen, daß die in Erregung begriffenen Faserabschnitte sich gegen ruhende, oder schwächer erregte negativ verhalten. Die negative Stromschwankung wird so erklärt, daß während der Tätigkeit von Muskel und Nerv die elektromotorischen Kräfte aller Moleküle abnehmen. Wird ein Muskel durch Anspannen verhindert, sich zu kontrahieren, so tritt dennoch bei der Reizung, obwohl Kontraktion unmöglich ist, die negative Stromschwankung auf. Man hat am Oberschenkel des Frosches primäre Zuckung beobachtet, wenn man seinen herauspräparierten Nerv auf den bloßgelegten Wadenmuskel eines anderen Schenkels über einen Glasstab so auffallen ließ, daß er Muskelfleisch und seh- niges Ende berühren konnte (Längs- und Querschnitt). Wird nun der Wadenmuskel von seinen Nerven aus mechanisch, chemisch oder elektrisch gereizt, so zuckt nicht nur der Wadenmuskel, sondern auch der Oberschenkel (sekundäre Zuckung). Die durch die Zusammenziehung des Wadenmuskels in ihm entstandene negative Stromschwankung hat sich durch den Nerv, der die Verbindung zwischen Längs- und natürlichem Querschnitt dieses Muskels herstellt, fortgepflanzt und die Zuckung im Oberschenkel veranlaßt. Auch folgender Versuch verdient Beachtung. Taucht man in die Zuleitungsgefäße des Multiplikators P, P je einen Finger beider Hände und schließt somit den Multiplikatorkreis durch den Körper, so wird die Nadel durch allerlei dabei sich geltend machende elektromotorische Unterschiede der Finger einigermaßen abgelenkt. Wartet man, bis sich diese Differenzen ausgeglichen haben, und die Nadel annäherungsweise bis auf den Nullpunkt zurückgegangen ist, und kontrahiert dann die Muskeln eines Armes, so wird sofort die Nadel abgelenkt und zeigt einen Strom an, der im Arme, dessen Muskeln kontrahiert sind, aufsteigt, durch die Brust geht und in dem erschlafften Arme absteigt. Du Bois-Reymond gab hierfür folgende Erklärung: Da die Muskeln beider Körperhälften entgegengesetzt gelagert sind, so kompensieren sich ihre Ströme derart, daß, wenn alle Muskeln in Ruhe sind, der Kreisstromlos ist. Bei Kontraktion der Muskeln eines Armes tritt negative Stromschwankung ein, infolgedessen geht ein Strom durch den Körper, der im Arme, dessen Muskeln kontrahiert sind, aufsteigt und im anderen Arme, dessen Muskeln nicht kontrahiert sind, absteigt.

Nervenströme.

Es ist schon erwähnt worden, daß der Nerv in seinem elektromotorischen Verhalten dem Muskel gleicht, da auch an ihm der am Querschnitt absterbende Faserinhalt Negativität gegenüber dem un-

unable through tension, to contract itself, all the same at irritation the negative vibrating of current, appears although contraction is impossible. One has observed primary quiverings on the thigh of the frog, if one has let his prepared nerve settle on the bared gastrocnemius muscle of another leg over a glass staff in such a way, that it could touch the flesh of the muscle and the sinewy end (longitudinal section and crosscut). If the gastrocnemius muscle is mechanically, chemically or by electricity irritated by its nerves, not only the gastrocnemius muscle quivers, but also the thigh (secondary quivering). The negative vibrating of current originated through the contraction of the gastrocnemius muscle has been propagated through the nerve, repairing the junction between longitudinal section and natural crosscut of this muscle and has caused the vibrating in the thigh. Also the following experiment deserves consideration. If one dips in the conducting vessels of the multiplier (PP) one finger of either hand and closes thus the multiplier circle through the body, the needle will be diverted in some measure through all kinds of electromotoric differences of the fingers. If one waits, until these differences have balanced themselves and the needle has approximately gone back to the zero point, and contracts then the muscles of an arm, the needle will be diverted immediately and indicates a current, which rises in the arm, whose muscles are contracted, goes through the breast and comes down in the relaxed arm. Du Bois-Reymond gave for this the following explanation: As the muscles of both halves of the body are lodged opposite, their currents compensate each other in such a way, that, if all muscles are resting, the circle is without current. At contraction of the muscle of an arm a negative quivering of current sets in, in consequence a current goes through the body, which rises in the arm, whose muscles are contracted and descends in the other arm, whose muscles are not contracted.

Nerve currents.

It has been mentioned already, that the nerve in its electromotoric condition resembles the muscle, as also in it the fibre contents decaying on the crosscut show negativity with regard to the unchanged contents and

veränderten Inhalt zeigt und erregte Abschnitte gegenüber ruhenden oder schwächer erregten Teilen negativ sind. Der Leitungsvorgang im Nerven ist nichts anderes als eine Übertragung der Erregung von Teilchen zu Teilchen und kann deshalb auch als Fortpflanzung längs des Nerven bezeichnet werden. Hieran knüpft sich unmittelbar die Vorstellung, daß jedes erregte Nerven-element erregend auf das benachbarte Element wirkt (ähnlich einem äußeren Reiz). Hermann hat folgende Theorie über Erregung und Leitungserscheinungen am Nerven aufgestellt: „In jedem erregten Nachbartheilen spaltet sich eine Spannkraft führende, gleichsam explosive Substanz und die Folge dieser Spaltung ist die Auslösung des gleichen Vorganges im Nachbar-element. Der Vorgang der Nervenleitung wäre also dem Abbrennen einer Pulverlinie vergleichbar. Um jedoch zu begreifen, warum nicht der ganze Vorrat der vorhandenen Spannkraft auf einmal verzehrt wird, wie am angeführten Beispiel, müssen hemmende Einrichtungen irgendwelcher Art angenommen werden.“ Allgemeine Deutung der elektrischen Ströme: Wenn Wasser durch mikroskopisch kleine (kapillare) Räume strömt, so ist hiermit eine gleichsinnig gerichtete Elektrizitätsbewegung verbunden. So ist auch das Vorwärtsschieben des Wassers in den kapillaren Zwischenräumen unbelebter Gebilde (Poren einer Tonplatte) mit einer Elektrizitätsbewegung verbunden, die der Strömung des Wassers gleichgerichtet ist. Dasselbe ist auch bei Quellung eines Körpers durch Wasserbewegung der Fall. Auch an den kontrahierten Stellen eines Muskels findet eine Quellung durch Flüssigkeitsaufnahme statt — bekanntlich nimmt der Wassergehalt des Muskels während der Kontraktion zu. — Auch an Pflanzen beobachtet man elektrische Erscheinungen, sowohl bei passiven Verkrümmungen von Pflanzenteilen beim Biegen der Blätter und Stiele, als auch bei aktiven Bewegungen, welche mit Verkrümmungen von Pflanzenteilen verbunden sind, wie z. B. bei den Bewegungen der Mimosen. Auch diese elektromotorischen Wirkungen sind mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Wasserbewegung in den Pflanzenteilen zu erklären, die bei der Bewegung im Innern derselben statthat. Die elektromotorischen Erscheinungen, welche mit der Erregung verbunden sind, stehen zur Weiterleitung der Erregung — und zur Beruhigung der erregten Teile selber — in innigster Beziehung. Darin liegt die eigentliche Bedeutung der tierischen Elektrizität. Wenn wirklich jeder Nerven-faser- und Muskel-faserquerschnitt den Nachbar-Querschnitt durch die früher angegebenen Strömchen erregt, so wird höchstwahrscheinlich etwas Ähnliches auch an der Übergangsstelle zwischen Nerven- und Muskelinhalt statt-

irritated sections are negative with regard to resting or less irritated parts. The conducting process in the nerve is nothing else than a transmission of the irritation from particle to particle and can therefore be also signified as propagation along the nerve. To this the imagination joins directly, so that every irritated nervous element works as irritation on the neighbouring element (similar to an outer irritation). Hermann has established the following theory with regard to irritation and conducting appearances on the nerve: In every irritated neighbouring particle, an almost explosive substance containing electricity splits and the consequence of this splitting is the starting of the same proceeding in the neighbouring element. The process of the nerve current could thus be compared to the firing of a powderline. Hemming institutions of some kind must be supposed, in order to understand why the whole supply of the elasticities on hand will not be consumed all at once, as in the indicated example.

General interpretation of the electric currents: If water flows through minute microscopic spaces (capillary spaces) there is connected with it a synonymous movement of electricity. Thus the pushing forward of the water in the capillary intervals of inanimate formations (pores of a sheet of clay) is also connected with an electric movement in the same direction as the current of the water. The same is also the case when swelling a body through movement of water. A swelling through taking up of fluids also takes place at the contracted places of a muscle, notoriously the water contents increase during the contraction. One observes electric phenomena also in plants, as well in passive stunting of parts of the plants, by bending the leaves and stalks, as also during active movements, connected with stunting of parts of the plants, as, to give an example, in the mimosa. Also these electromotoric effects are to be explained with great probability through the movement of the water in the parts of the plants, taking place with the movement in the interior of the same. The electromotoric appearances, connected with the irritation, have reference to the further conducting of the irritation and to the calming of the irritated parts themselves. Therein rests the proper signification of the animal electricity. If actually every nerve fibre and muscle fibre crosscut irritates the neighbour crosscut through the little currents mentioned before, very likely something similar will take place also at the passage place between nerve and muscle contents; one can suppose, that this passage place is organized in such a way, that it develops those processes to especially productive activity. The mo-

finden; und man darf vermuten, daß diese Übergangsstelle so eingerichtet ist, daß sie jene Vorgänge zu besonders ergiebiger Wirksamkeit ausbildet. Der motorische Nerv besitzt eine größere spezifische Erregbarkeit auf elektrische Reize als die Muskelsubstanz. Wird z. B. ein Muskel von seinem Nerven aus durch einen sehr schwachen Strom gereizt, so tritt Zuckung auf. Tötet man an diesem Muskel durch Pfeilgift (*curare*) den Nerv und reizt nun den Muskel direkt mit demselben Strom, so erhält man wegen Schwäche des Stromes, da die Nerven durch Ablösung reaktionslos sind, keine Zuckung. Letztere tritt erst bei Verstärkung des Stromes ein. Nun ergibt sich die überaus wichtige Frage, ob es zwei verschiedene Arten von Nerven gibt, die in ihrer Substanz, in ihrem Wesen so verschieden sind, daß die einen nur imstande sind, Impulse vom Zentrum nach der Peripherie zu leiten, das würden die motorischen Fasern der vorderen Wurzeln sein, und eine andere Art, die nur imstande ist, Impulse von der Peripherie nach dem Zentrum zu leiten, das würden die sensiblen Fasern der hinteren Wurzeln sein. Man neigt gegenwärtig der Ansicht zu, daß an und für sich die Nerven insofern gleichwertig seien, als beide Arten sowohl von der Peripherie nach dem Zentrum, als vom Zentrum nach der Peripherie leiten können, und daß ihre funktionelle Verschiedenheit, nicht sowohl von ihrer eigenen Natur abhängt, als vielmehr von den Gebilden, mit denen sie einerseits im Zentralorgan und andererseits an der Peripherie in Verbindung stehen. Bekanntlich stehen die motorischen Fasern an ihrem peripherischen Ende mit Muskeln und an ihrem zentralen Ende mit Ganglienzellen in Verbindung, von welchen aus die Willensimpulse gehen, die die Muskeln in Zusammenziehung versetzen. Trotz ihrer doppelsinnigen Leitungsfähigkeit (peripher und zentralwärts) können sie nur motorische Wirkungen ausüben. Die sensiblen Fasern der hinteren Wurzeln, denen ebenfalls eine doppelsinnige Leitungsfähigkeit zugeschrieben wird, endigen in der Peripherie in empfindenden Teilen der Organe, die je nach den Organen verschieden gestaltet sind. In der Hohlhand und Fußsohle haben ihre Endigungen die Form eiförmiger Beeren, die der Empfindung dienen (Pacini'sche Körperchen). In der Fingerbeere endigen sie in tannenzapfenartigen Gebilden (Meissner'sche Körperchen), welche die Tastempfindung vermitteln, usw. Ihre zentralen Enden stehen mit Nervenzellen in Verbindung, welche uns die in der Peripherie empfangenen Eindrücke als solche zum Bewußtsein bringen, also ihrer Endigungsweise wegen, sowohl peripher als zentralwärts keine Bewegungen hervorbringen. Du Bois hat tatsächlich nachgewiesen, daß die negative

toric nerve possesses a greater specific irritability on electric irritations than the muscular substance. If, to give an example, a muscle is irritated by its nerve through a very weak current, quivering sets in. If one kills the nerve at this muscle through arrow-poison (*curare*) and irritates now the muscle directly with the same current, one obtains, on account of the weakness of the current, no quivering, as the nerves are without reaction on account of mortification. The latter sets in only by strengthening the current. Now results the exceedingly important question, whether there are two different kinds of nerves, which are so different, that one kind is only able to conduct impulses from the centre to the periphery (these would be the motoric fibres of the forward roots) and another kind, only able to conduct impulses from the periphery to the centre (these would be the sensible fibres of the posterior roots). One inclines at present to the view that the nerves are, in themselves, in so far of the same value, as both kinds can conduct as well from the periphery to the centre, as from the centre to the periphery and that their functional difference depends not so much upon their own nature, as on the formations which they are in connection with, as well in the central organ as in the periphery. Notably the motoric fibres are with their peripheral ends in connection with muscles and with their central ends with ganglion cells, wherefrom the will impulses start, which put the muscles in contraction.

In spite of their twofold capacity (towards the periphery and the centre) they can only execute motoric effects. The sensible fibres of the backroots (and to these also a twofold capacity is ascribed), end in the periphery in sensitive parts of the organs, which are differently formed according to the organs. Their endings have the shape of egg shaped little berries in the palm and the sole of the foot, serving the sensation. (Pacini's bodies.) They end in the fingertip in cone-like formations (Meissner's bodies) and these mediate the feeling of touch, etc. Their central ends are in connection with nerve cells bringing to consciousness the impressions received in the periphery as such, and thus on account of their way of ending do not produce any movements either towards the periphery or towards the centre. Du-Bois has actually shown, that the negative fluctuation of current is continued in every kind of nerve both upwards and downwards. Experiments have shown, that the negative fluctuation of currents is continued with the same quickness as the irritation of nerves. The ending of the wave of the negative fluctuation of current over the nerve fibre will be thus identical with the end of the wave of irri-

Stromschwankung sich in jeder Art von Nerven ganz gleich nach aufwärts und nach abwärts fortpflanzt. Versuche haben ergeben, daß die negative Stromschwankung sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt wie die Nerven-erregung. Der Ablauf der Welle der negativen Stromschwankung über die Nerven-faser wird somit dem Ablauf der Reizwelle identisch sein, und es wird eben dadurch wahrscheinlich, daß die Reizwelle nach beiden Seiten hin gleichmäßig ablaufen kann.

Mit Hilfe der Elektro-Physiologie ist es gelungen, über die Vorgänge bei der Muskele-erregung und Nerven-leitung einigermaßen Aufschluß zu erlangen. Die Er-regung des Muskels, welche mit Ablauf einer Reiz-welle und der sich anschließenden negativen Strom-schwankung mit darauffolgender Zusammenziehung verknüpft ist, erregt in den ihm zugehörigen Nerven den gleichen Vorgang, da jedem Reizstoß ein Momentanstrom entspricht, welcher vom Längsschnitt (Oberfläche des Muskels) zum sehnigen Ende (natürlicher Querschnitt) gerichtet ist (Aktionsstrom), wobei es gleichgültig ist, ob und welcher Ruhestrom vorhanden ist, und an der Übergangsstelle zwischen Nerv und Muskel die Wirksamkeit dieser Strömchen sich günstig zu entfalten vermag. Der Vollständigkeit halber möge noch die Endigungsweise der motorischen Nerven in den Skelettmuskeln erwähnt werden. Die markhaltige Nerven-faser verliert, wenn sie im Begriffe ist, in die Muskelfaser einzutreten, ihr Mark. Die Nervenscheide (Neurilemma) geht in die Muskelscheide (Sarcolemma) über, und der Inhalt des Nervenrohrs findet im Innern des Muskelschlauches seine Fortsetzung.

Wollen wir die Fingerfertigkeit, resp. Technik, zu hoher Ausbildung bringen, so müssen wir auf zwei Dinge unsere Aufmerksamkeit richten: 1. zweckent-sprechende Muskelgymnastik, 2. Förderung der Inner-vation. Da beide Hand in Hand gehen, handelt es sich darum, darzulegen, ob die früher erwähnte Muskel-gymnastik tatsächlich die Innervation im günstigen Sinne zu beeinflussen vermag. Schon der Umstand, daß andauernde Untätigkeit eines Organs die Erregbar-keit des dazu gehörigen Nervensystems vermindern, ja völlig vernichten kann, spricht dafür, daß zweckent-sprechende Tätigkeit des Organs (für uns der Muskel) eine Notwendigkeit ist. Nun gilt es, die Innervation zu verfeinern, d. h. die Leitungsfähigkeit in hohem Grade zu steigern und dabei noch Maß zu halten, um nicht krankhafte Prozesse im Nervensystem herauf-zubeschwören, die mit schweren Mißerfolgen einher-gehen. Es ist allgemein bekannt, daß nach einer mechanischen Arbeit, die eine derartige Anstrengung erfordert, daß Schmerzen in den betroffenen Muskeln

tation and it is probable owing to this, that the wave of irritation can end proportionally towards both sides.

One has succeeded, by help of the electro-physio-logy, in obtaining some kind of information about what takes place at the irritation of nerves and nerve-conduction. The irritation of the muscle, which is followed by contraction at ending of an irritation wave and the attaching negative fluctuation of cur-rent, excites in the nerves belonging to it the same process, as a momentary current corresponds to every throb of irritation, which is directed from the longitudinal section (surface of the muscle) to the sinewy end (natural crosscut), (action current) whereby it is immaterial, if and what kind of rest-current is present and whether the efficiency of this little cur-rent can develop itself favourably at the passage point between nerve and muscle. For the sake of completeness might be mentioned the manner of end-ing of the motoric nerves in the skeleton muscles. The nerve fibre, containing marrow, loses at entering the muscle-fibres, its marrow. The nerve sheath (neurilemma) passes over into the sheath of the muscle (sarcolemma) and the contents of the nerve tube find their continuation in the interior of the belly of the muscle. If we want to bring the dexterity of the fingers and technique to high cultivation, we must direct our attention to two things: 1) muscle gymnastics serving their purpose, 2) raising of the innervation. As both go hand in hand, it is a question to be shown, if the muscle gymnastics mentioned before may influence actually the innervation in a favourable sense. Already the circumstance that continual inactivity of an organ diminishes the irri-tability of the nervous system belonging to it and may even annihilate it entirely, proves that activity of the muscle answering to the purpose is a necessity. It is now the question to refine the innervation, that is, to raise the productiveness in a high degree and at the same time though to keep within bounds, not to produce diseased processes in the nervous system, which entails great failures. It is well known, that after some mechanical work requiring such strain, pains set in in the muscles concerned and that re-covery sets in much quicker and much more abun-dantly when a suitable condition is maintained and is absolutely not connected with disagreeable sensa-tions, than after a work requiring less expense of muscular energy, but which leads through long dura-tion to exhaustion, when no positive muscular pains set in and which can only be finished by help of great will power. What happens now in both cases? With great contractions, caused by great resistance,

auftreten, die Erholung bei zweckmäßigem Verhalten viel rascher und ausgiebiger eintritt und durchaus nicht mit unangenehmen Sensationen verbunden ist, als nach einer Arbeit, die weniger Aufwand an Muskelenergie beansprucht, aber durch lange Dauer zur Erschöpfung führt, wobei keine ausgesprochenen Muskelschmerzen eintreten und die nur mit Hilfe großer Willensenergie zu Ende geführt werden kann. Was geht nun in beiden Fällen vor? Bei großen Kontraktionen, die durch große Widerstände verursacht werden, was mit großer Belastung, resp. Anspannung gleichbedeutend ist, findet regere Zirkulation, Vermehrung der Blutmenge und rasche Anhäufung von Zersetzungsprodukten statt. Letztere üben sogar übermaximale Reize auf die Nervenendigungen aus und verursachen damit Schmerzgefühle. Die Muskeln, Bänder und Nerven erfahren eine stärkere Dehnung, die für den Nerv einen beträchtlichen Reiz bedeutet, da eine große Dehnung desselben sogar eine vorübergehende Lähmung verursachen kann. Allerdings ist in solchen Fällen der Nerv in hohem Grade restitutionfähig. Die Zahl und Größe der Willensimpulse, die bei langsamen Kontraktionen zwischen 8 und 12, bei schnellen zwischen 18 und 20 in der Sekunde schwankt, bleibt in unserem Falle auf ziemlich konstanter Höhe, da der Eintritt des Schmerzes zur Ruhe mahnt und uns vor dem Übertritt in die schädliche Kontraktionsreihe, bei der die Willensimpulse an Stärke zunehmen müssen, warnt. Nun tritt aber bei großen Kontraktionen ein Moment in die Erscheinung, welches auf alle erregten Teile einen eminent wichtigen Einfluß übt. Ich meine die — oben behandelte — negative Stromschwankung, die mit der Größe der Kontraktion zunimmt und nicht nur zur Weiterleitung der Erregung in innigster Beziehung steht, sondern auch die erregten Teile beruhigt.

Freilich ist uns der im intakten Körper wirksame Nervenreiz seiner Natur nach unbekannt, aber die experimentelle Forschung hat uns gelehrt, diese Reize zweckentsprechend zu gestalten und sie in Grenzen zu halten, die dem Organismus nicht abträglich sind. Übung ist nicht bloß Muskelgymnastik und Steigerung der Innervation, sondern auch Aufstapelung von Erinnerungsbildern im Zentralnervensystem, die mit Leichtigkeit reproduzierbar sind. Dadurch wird eine gewisse Lebensenergie in die Nervenzellen gelegt, die ihre assoziative Tätigkeit derart steigert, daß sie, ohne die Bewußtseinsphäre wesentlich zu tangieren, abzulaufen vermag. Wegen nutritiver und Erregungseinheit von Muskel, Nerv und Zentrum müssen eben alle drei Bestandteile, wenn man auf ein günstiges Resultat rechnen will, eine entsprechende Pflege erfahren. Die Art, wie mit Vorteil Muskelgymnastik

which is equal to great charge, i. e. tension, a quicker circulation, increase of the blood-quantity and accumulating of decomposition products takes place. The latter exert even over great irritations on the endings of the nerves and cause herewith feelings of pain. The muscles, ligaments and sinews, experience a stronger tension, which means a great irritation for the nerve, as a great tension of it can even cause a passing paralysis. The nerve is certainly able to reconstitute in such cases to a high degree. The number and greatness of the impulses of will, which vary at slow contractions between 8 and 12, at quick contractions between 18 and 20 in the second, remains in our case pretty much the same, as the appearance of the pains advises repose and warns us of the change in the injurious contraction-row, with which the will impulses must increase in power. Now with great contractions a moment occurs which, exerts an eminently important influence on all irritated parts. I mean the current fluctuation mentioned above, increasing with the power of contraction and standing not only in closest connection with the conduction of the irritation, but also calming the irritated parts.

It is true, that the nature of active nervous irritation in the intact body is unknown to us, but experimental search has instructed us to form these irritations suitably and to hold them within limits, not injurious to the organism. Exercise is not only muscle gymnastics and raising of the innervation, but also storing of memorial pictures in the central nervous system, which are easily to be reproduced. Through that a certain life-energy will be put in the nerve-cells, raising their associative activity in such a way, that it may cease without affecting essentially the sphere of consciousness. On account of the nutritive and irritation unit of muscle, nerve and centre, all the three parts must have a suitable care, if one will attain a favourable result. We have described already extensively the way in which muscle-gymnastics have to be practised advantageously; now the question is to prove, if also the nervous system will be actually influenced more favourably with this kind of muscle-gymnastics, than under all other circumstances. If we return now to the first case of our example, we see that fatigue sets in quicker than in the second case, where one works with little contractions for a long time. The nervous system had to support the assailing of considerable irritations, fortunately limited to a short time, as the warning factors, firstly the feeling of pain, called energetically for a rest. Daily experience teaches that a strong irritation of short duration harms much less, than a weak irritation of long duration. In our case another important factor

zu strecken ist, haben wir bereits ausführlich besprochen, nun handelt es sich darum, darzutun, ob mit dieser Art von Muskelgymnastik tatsächlich auch das Nervensystem günstiger als unter allen anderen Umständen beeinflusst wird. Kehren wir zum ersten Falle unseres Beispiels zurück, wo mit großen Kontraktionen gearbeitet wird, so sehen wir, daß die Ermüdung rascher eintritt als im zweiten Falle, wo mit kleinen Kontraktionen langdauernd gearbeitet wird. Das Nervensystem mußte eben das Einstürmen beträchtlicher Reize ertragen, die aber glücklicherweise auf eine kurze Zeit beschränkt waren, da die warnenden Faktoren, in erster Linie die Schmerzempfindung energisch das Eintreten einer Ruhepause forderten. Die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein kurzdauernder starker Reiz viel weniger schädlich ist, als ein langdauernder schwacher Reiz. In unserem Falle kommt aber noch ein anderes wesentliches Moment hinzu, nämlich die günstige Beeinflussung der stärkeren Reize durch die negative Stromschwankung, die mit der Reizstärke wächst und auf Muskel und Nerv ihre Wirkung ausübt. Es ist uns bekannt, daß die Nerven für elektrische Ströme sehr empfindlich sind. Die Ströme, die am tierischen Organismus beobachtet werden konnten, sind die Demarkations- und Aktionsströme. Für uns kommen nur die letzteren in Betracht. Im zweiten Falle unseres Beispiels, wo mit kleinen Kontraktionen, also kleinen Widerständen, gearbeitet wird, wird der Aktionsstrom, resp. die negative Stromschwankung, geringer sein, als bei großen Kontraktionen. Nun ist aber der Aktionsstrom nichts anderes als eine Beruhigungswelle, die über Muskel und Nerv abläuft und offenbar Schädlichkeiten zu paralisieren vermag. Die Stromstärke nimmt bekanntlich mit dem Wachsen der Kontraktion und der dadurch bedingten negativen Stromschwankung ab. Bei kleinen Kontraktionen wird somit die negative Stromschwankung, weil sie klein ausfällt, eine Stromstärke zurücklassen, welche, nachdem die Beruhigungswelle ihre Milderndigkeit getan, doch noch als beachtenswerter Rest sich den übrigen Reizen, Dehnung, usw., möglicherweise summieren kann. Wegen besonderer Empfindlichkeit der Nerven gegen elektrische Ströme ist es nicht ausgeschlossen, daß viele in kurzen Intervallen erfolgende Reize einer noch so kleinen elektrischen Intensität sich mit der Zeit in schädlicher Weise geltend machen können, abgesehen davon, daß die geringe negative Stromschwankung als Beruhigungswelle gegenüber so vielen Schädlichkeiten, wie sie bei kleinen Kontraktionen, die durch lange Zeit einwirken, sich ergeben, wohl kaum Erhebliches zu leisten vermag. In unserem gewählten Notenbeispiele arbeiten wir mit großen kurzdauernden Reizen, die durch eine große negative

is added, that is the favourable influencing of the stronger irritations through the negative fluctuation of the current, increasing with the power of irritation, and exercising its effect on muscle and nerve. We know that the nerves are very sensitive to electric currents. The currents which have been observed in the animal organism are the currents of demarcation and of action. Only the latter are to be taken into consideration by us. In the second case of our example, where one works with little contractions, thus little resistances, the current of actions, i. e. the negative fluctuation of the current, will be smaller than with great contractions. Now the current of actions is nothing but a calming wave, which spreads over muscle and nerve and is evidently able to compensate for injury. The power of current decreases notably with the growing of the contraction and the negative fluctuation of current qualified by it. With little contractions the negative fluctuation of currents, because it is small, will thus leave behind a power of current which, after the calming wave has done its duty, can possibly still be added as noteworthy remainder to the other irritations, extensions, a. s. f. It does not follow that on account of particular sensibility of the nerves to electric currents, many irritations of the very slightest electric intensity, happening in short intervals, can not make themselves felt in time in a hurtful way, without mentioning that the little negative fluctuation of the current can hardly perform anything important as a calming wave, in the face of so many injuries, as result with little contractions, reacting for a long time. In our chosen example of notes we work with great irritations of short duration; these will be influenced through a great negative fluctuation of currents in a favourable sense for the nervous system, as especially specific irritations of the nerves will be exchanged for them in this case advantageously and will be brought to a productive activity in behalf of raising the productiveness, thus also the innervation. The great irritations of short duration, causing pains, force us to interrupt the work at a time, when muscle and nerve are very easily capable of restitution. If we exercise in a similar way (as will be told in the practical part) finger exercises with great resistances, let us say, for half an hour and then pause for a quarter of an hour, we will feel a great facility on trying to play. Already a recreation of such a short duration may be sufficient to make muscle and nerve able to execute in an almost higher degree. Of course gymnastic pains will set in at first as in all musclegymnastics, but they will disappear soon, nearly entirely, on main-

Stromschwankung im günstigen Sinne für das Nervensystem beeinflusst werden, da gerade die in diesem Falle auftretenden spezifischen Reize der Nerven für sie in vorteilhafter Weise umgestaltet und zu ergiebiger Wirksamkeit behufs Steigerung der Leitungsfähigkeit, also Innervation, gebracht werden. Die kurzdauernden großen Reize, welche Schmerzen verursachen, zwingen zum Aussetzen der Arbeit zu einer Zeit, wo Muskel und Nerv sehr leicht restitutionstüchtig sind. Wenn wir in ähnlicher Weise, wie dies im praktischen Teile angegeben sein wird, Fingerübungen mit großen Widerständen, sagen wir durch eine halbe Stunde betreiben und dann während einer Viertelstunde Pause halten, werden wir eine große Leichtigkeit in den Fingern, beim Versuch zu spielen, empfinden. Schon eine Erholung von so kurzer Dauer kann genügen, Muskel und Nerv in fast erhöhtem Maße leistungsfähig zu machen. Allerdings werden sich in der ersten Zeit, wie bei jeder Muskelgymnastik, Turnschmerzen einstellen, die sich aber bei richtigem Verhalten und bei Anwendung von leichter Massage (wie dies im praktischen Teile genau auseinandergesetzt werden wird) bald gänzlich verlieren werden. Auch wird es manchmal von Vorteil sein, sechs bis acht Tage mit den Fingerübungen ganz auszusetzen und sie dann langsam steigend in Größe der Widerstände und Zeit wieder aufzunehmen. Länger als eine Stunde täglich, wobei eine halbe Stunde auf den Vormittag und eine halbe Stunde auf den Nachmittag entfällt, dürfen sie überhaupt nicht betrieben werden. Auch dreiviertel Stunden im Tag, auf zwei Teile verteilt, können hinreichen. Der übrige Teil der täglichen Studienzzeit wird mit Übungen von Stricharten, Intervallen, Etüden für die gleichmäßigen Fingerbewegungen, Intonation, usw. ausgefüllt. Die gesamte tägliche Studienzzeit soll nicht mehr als vier bis höchstens fünf Stunden betragen, wovon die eine Hälfte auf den Vor-, die andere auf den Nachmittag entfällt. Da dieses Studium abwechslungsreich ist und daher die geistige Entfaltung fördert, so ist die Gefahr der Überanstrengung ausgeschlossen. Werden noch die Ruhepausen planmäßig eingehalten, so wird das Studium, geleitet von einem gewissenhaften Lehrer, zum angestrebten Ziele führen.

taining a suitable attitude (as will be shown in detail in the practical part) and with the use of a light massage. Sometimes it will be also advantageous to discontinue the finger practices for 6 to 8 days entirely and to start them again, slowly and gradually raising the greatness of the resistance. They must anyhow not be exercised longer than one hour daily, one half hour in the fore-noon and one half hour in the after-noon; also three quarters of an hour daily might be sufficient, divided in two parts of course. The other part of the daily time of study will be employed by exercises of bowing, intervals, etudes for symmetrical finger movements, intonation and so forth. The daily time of study should not exceed 4 or, at most, 5 hours, of which one half falls in the fore-, the other half in the after-noon. As this study is full of variations and improves therefore the mental development, the danger of overexertion is excluded. If further the pauses for repose are kept regularly, the study will lead to the desired end, especially if directed by a conscientious teacher.

Literature:

Brücke, Physiologie des Menschen.
 Hermann, " " "
 Landolt, " " "
 Tigerstedt, " " "
 v. Krafft-Ebing, Psychiatrie.
 Langer-Toldt, Anatomie.
 Lommel, Physik.

Bilder:

Henle, Atlas, Taf. I, Fig. 1; Taf. II, Fig. 1,
 2, 3, 4, 6, 8.
 Heltzmann, Atlas, Taf. I, Fig. 2, 3; Taf. II,
 Fig. 5; Taf. III, Fig. 3, 4, 5; Taf. IV,
 Fig. 1; Taf. V, Fig. 2, 3, 4.
 Boek, Atlas, Taf. II, Fig. 9; Taf. IV, Fig. 3.
 Graber, Atlas, Taf. II, Fig. 10, 11.

Literature:

Brücke, Physiology of the man.
 Hermann, " " "
 Landolt, " " "
 Tigerstedt, " " "
 v. Krafft-Ebing, Psychiatry.
 Langer-Toldt, Anatomy.
 Lommel, Physic.

Pictures:

Henle, Atlas, pict. I, fig. 1, pict. II, figs. 1, 2, 4,
 5, 6, 8.
 Heltzmann, Atlas, pict. I, figs. 2, 3; pict. II,
 fig. 5; pict. III, figs. 3, 4, 5; pict. IV, fig. 1;
 pict. V, figs. 2, 3, 4.
 Boek, Atlas, pict. II, fig. 9; pict. IV, fig. 3.
 Graber, Atlas, pict. II, fig. 10, 11.

Praktischer Teil.

Vorwort.

Die hier vertretene Richtung des Violinstudiums zur Erlangung der Meistertechnik mußte notwendig aufs ausführlichste kommentiert werden, da sich das Studium der angeführten Beispiele nur dann fruchtbringend gestalten kann, wenn jede Übung sinngemäß ausgeführt wird. Nur unter voller Berücksichtigung des Kommentars kann diese Methode ihre Vorteile erweisen. Sie soll den Violinspieler bei möglichst geringem Aufwand an Zeit und Kraft ans Ziel führen und auch dem im Mannesalter stehenden die Erlangung der Meistertechnik ermöglichen, was bisher fast ein Ding der Unmöglichkeit war. Nichts ist verderblicher als Sorglosigkeit bei Ausführung der Übungen, wobei sich der Spielende einzig von der klanglichen Wirkung derselben leiten läßt, ohne zu bedenken, daß letztere befriedigend ausfallen kann, wenn auch die Übung nicht korrekt, also zweckdienlich ausgeführt wurde. Viele Musiker und vorgeschrittene Dilettanten verfügen nur über wenige freie Stunden und müßten daher auf einen erfreulichen Fortschritt in der Technik verzichten, wollten sie nach einer Schule studieren, die viel Zeit beansprucht. Die hier dargestellte Methode soll den Spieler, der auch nur eine halbe Stunde im Tag für das Studium der Technik aufzubringen vermag, an ein erstrebenswertes Ziel führen, wenn er unter den Finger- und Trillerübungen entsprechende Beispiele auswählt und sie genau im Sinne des Kommentars ausführt. Auch die Übungen für Bogentechnik, Intonation und Doppelgriffe sind derart bearbeitet, daß ihr Studium einen möglichst geringen Zeitaufwand erfordert. Endlich betont der Verfasser nachdrücklich, daß die in diesem Werke dargestellte auf physiologischer Grundlage aufgebaute Methode bei Individuen mit normal veranlagtem Nervensystem das Auftreten des Violinspielerkrampfes ausschließt, jener furchtbaren Geißel der Spieler, die schon viele Existenzen vernichtet und gerade in letzter Zeit er-

Practical Part.

Preface.

The following method of Violin study to obtain the mastership of technique had to be commented to the utmost degree, as the study of the different examples we give, can only then be really useful, if each exercise is practised very conscientiously. Only by fully considering the commentaries can this method prove its advantage. It will bring the violin player to the point by spending as little time and strength as possible and will also afford to people of advanced age the possibility to attain mastery, this was hardly possible until now. Nothing is more ruinous than carelessness in exercising, whereby the player is only directed by its sonorous effect, without considering that the effect may be quite satisfying, although the exercise is anything but correct, and so of course useless. Many musicians and advanced amateurs are limited in time and must therefore renounce a gratifying progress in technique, if they pursue their studies according to a method requiring much time. The method represented here will bring the player to the point, if he can afford to spare only one half hour every day for the study of technique and if he takes a wise selection from the different finger and trill exercises and practises strictly according to the comment. The exercises for bow technique, intonation and double-stops are also arranged in such a way, that their study requires as little time as possible.

Finally the author wishes to accentuate emphatically that the method represented in this work is built upon physiological foundation and excludes, with individuals of normal nervous system, the appearance of the so-called violinist cramp, that dreadful scourge of players, which has become quite epidemic for the last years. This is the reason, why the enthusiasm for a method, which has lately come in fashion, has diminished greatly. Who can be astonished, if even the best constituted player gets that

schreckend an Ausbreitung gewonnen hat. Letzterer Umstand hat die Begeisterung für eine jetzt in Mode gekommene Methode beträchtlich abgeschwächt. Wen wollte es wundernehmen, daß auch der bestorganisierte Spieler diesem Verderben anheimfällt, wenn er z. B. eine Trillerübung 9 Stunden im Tag betreibt!

Von der Flageolett-Technik wurde hier abgesehen; dieselbe erscheint bei Richard Hofmann, „Technik des Violinspiels“, Abteilung III, Flageolett-Technik, op. 95, Verlag Julius Heinrich Zimmermann, Leipzig, in erschöpfender Weise dargestellt. Als Anhang zu diesem Werke werden 15 Etüden herausgegeben, welche zum geringen Teil als Ergänzung, vornehmlich aber zur Verwertung und Verarbeitung desselben dienen sollen.

Wien, im Jänner 1909.

Der Verfasser.

dreadful disease, when he practises, for example, a trill 9 hours daily. The Flageolett-technique is left out of consideration in this work; they are published by Richard Hofmann "Technique of violin playing" part III, flageolett-technique, op. 95, Jul. Heinrich Zimmermann, publishers, Leipzig. As supplement to this work 15 studies will be edited; for the minor part they are to be used as completion, principally they shall serve for the application and fulfillment of this work.

Vienna, January 1909.

The Author.

Fingerübungen.

Ich will vorausschicken, daß die hier empfohlenen Übungen für Musiker bestimmt sind, die sich auf einer Stufe befinden, welche es wünschenswert erscheinen läßt, die Meistertechnik des wahren Künstlers anzustreben. Freilich ist der Musiker gewohnt, in Werken, welche ein so hohes Ziel in Aussicht stellen, die Übungen an Zahl und Umfang groß und weitausgreifend zu finden; er wird aber zugeben müssen, daß es durchaus nicht auf Zahl und Umfang, sondern in erster Linie auf Zweckmäßigkeit derselben ankommt. Die hier gewählten Übungen sind derart, daß sowohl linke, als auch rechte Hand die erwünschte Ausbildung im vollen Ausmaß erfahren. Beim Erlernen der Fingertechnik kommt es vor allem auf zwei Momente an, nämlich auf die Gymnastik der einschlägigen Muskeln und die Fähigkeit, die Finger gemeinsam und isoliert zweckentsprechend bewegen zu können. In den Beispielen über Finger- und Trillerübungen wird diesen beiden Faktoren im vollsten Maße Rechnung getragen. — Wir wollen nun die Fingerübungen für sich besprechen. Der Übende hüte sich, die Übungszeit über das angegebene Maß auszudehnen, da sich Übertreibungen in dieser Hinsicht bitter rächen. Nochmals sei betont, daß vier bis höchstens fünf Stunden im Tag, die eine Hälfte vor-, die zweite Hälfte nachmittags, alles in allem gearbeitet werden darf; es würde sich empfehlen, die Vornahme der schwierigen Fingerübungen und Stricharten auf den Vormittag zu verlegen, da man zu dieser Zeit ausgeruht und aufnahmefähiger ist. Das erste Beispiel der Fingerübungen fördert in erster Linie die Unabhängigkeit der Finger, da bestimmte Finger abwechselnd fixiert und andere gleichzeitig bewegt werden. Daß diese Übung oft zu wiederholen ist, ist selbstverständlich.

Die sich unmittelbar anschließenden Übungen bei a, b, c, d fördern nicht nur die Unabhängigkeit der Finger, sondern auch die Streckfähigkeit derselben.

Finger-drills.

As introduction I state, that the exercises recommended in this book are intended for musicians of standing; their art must be sufficiently advanced to make it desirable for them to attain the master-technique of the true artist. The musician of course is used to find these exercises in works pretending to reach such a standard numerous as well as voluminous: he will be forced though to admit, that it does not depend on the number and size, but first on serving a purpose. The exercises chosen in this work are such, that the left hand as well as the right obtain the desired perfection in full measure. The acquisition of finger-technique depends on two factors before everything; on the gymnastics of the muscles concerned and the ability to move the fingers properly, singly and in common. In the examples for finger and trill-exercises primary consideration is paid to these two powers.

I shall now consider the finger exercises by themselves. The practising violonist must be cautioned to extend the practising longer than the given measure, as exaggerations in this direction revenge themselves bitterly. Once more it shall be emphasized, that daily 4 or at the utmost 5 hours may be practised, one half in the fore-, the other half in the after-noon; it may be recommended to practise the difficult finger exercises and bars in the fore-noon, as people at this time of the day are more reposed and qualified to absorb. The first example in finger exercises improves first the independence of each finger, as certain fingers will be moved alternatively and others at the same time. As a matter of course these exercises have to be repeated frequently. The exercises in immediate succession to a, b, c, d advance not only the independence of fingers, but also the ability of stretching them. In the

Im Beispiel a bleiben erster Finger (*b*) und zweiter (*as*) liegen, während sich vierter (*e*) und dritter (*b*) bis zu leichter Ermüdung und Schmerzempfindung fortbewegen. Nach jedem Beispiel eine Minute pausieren.

Im Beispiel b, das der Studierende noch in höhere Lagen führen kann (bis zum hohen *c* mit dem vierten Finger), und das auch zurückgeführt werden soll (von den höheren zu den unteren Lagen), bleiben erster und vierter Finger liegen, während zweiter und dritter Finger, ohne aufgehoben zu werden, sich langsam bewegen. Jedes einzelne Beispiel wäre 3—4mal zu wiederholen und immer danach — wie vorgeschrieben — auf der Oktave einen ganzen Takt zu halten.

Im Beispiel c bleiben erster Finger (*h*), zweiter (*fs*, *h*, stumm) und vierter (*h*) liegen, während sich der dritte Finger (*dis*) bis zu leichter Ermüdung und Schmerzempfindung fortbewegt.

Im Beispiel d bleiben erster Finger (*b*, stumm), dritter (*g*, stumm) und zweiter (*b*) liegen, während sich der vierte Finger (*es*) fortbewegt; im zweiten Takt desselben Beispiels bleiben erster und dritter Finger liegen, während sich der zweite Finger fortbewegt.

Übung 2 bringt eine leichte Streckung des vierten Fingers, wobei erster und dritter Finger liegen bleiben. Sie ist bis zur leichten Schmerzempfindung zu wiederholen, worauf ca. eine Minute Erholungspause gehalten wird. — In den Beispielen 3 bis 5 geht schon die Streckung bis zur Dezime in Verbindung mit Lagenwechsel, mannigfacher Bewegung und Fixierung der Finger, wodurch Muskelgymnastik vorteilhaft betrieben und die Unabhängigkeit der Finger wesentlich gefördert wird. Jede dieser Übungen ist einzeln bis zur leichten Ermüdung und Schmerzempfindung zu wiederholen und danach etwa eine Minute auszuruhen. Die Übungen 6 bis 12 können nur in Streckstellung der linken Hand, wie sie Bild 5 darstellt, ausgeführt werden. Diese besteht in kräftiger Supination (Auswärtsrollung) und Beugung ellenwärts, wobei die Finger sich auf das Griffbrett gleichsam niederlegen; der Daumen rückt unter den Hals (s. Bild 6), wo er sich mit seiner breiten Hohlhandfläche stützt. Diese Beispiele gehören zu den schwierigsten und erfordern einige Zeit der Übung in Streckungen, bis sie gut ausgeführt werden können. Die Beispiele a, b, c, d und 2 bis inkl. 6, ferner 8 und 12 (bis zum *es*) können als vorbereitende Übungen dienen. Natürlich wird die Beugung ellenwärts um so geringer, je mehr sich die Hand in Streckstellung gegen den Sattel begibt, wie z. B. in der vierten Trillerübung. Einzelne Fingerübungen lassen in ihrer Ausführung Modifikationen zu.

example a the first finger (*b*) and the second (*as*) remain in position, while the fourth (*e*) and third (*b*) move on until a slight fatigue and pain is felt.

In example b, which the student may carry on in higher positions (till the high *c* with the fourth finger and which ought to be carried back from the higher to the lower positions) the first and fourth finger remain in position, while the second and third finger move slowly without being raised. Each separate example should be repeated 3 or 4 times and always afterwards, as described, ought to be held on the octave during a whole beat.

In example c the first (*b*), second (*f* sharp, *b* mute) and fourth (*b*) fingers remain, while the third finger (*d* sharp) moves on until slight fatigue and pain is felt.

In example d the first (*b* flat-mute) third (*g* mute) and second (*b* flat) remain, while the fourth (*e* flat) finger moves on; in the second bar of this example the first and third finger remain, while the second finger moves on.

Exercise 2 brings a slight stretching of the fourth finger, while the first and third finger remain. This exercise has to be repeated until a slight pain is felt, then a breathing time for about one minute must be observed. In the examples 3—5 the stretching goes already as far as the decime in connection with change of positions, of various movements and fixation of the fingers, whereby the gymnastics of fingers may be managed advantageously and the independence of the fingers accelerated greatly. Each one of these exercises has to be repeated singly until slight fatigue and pain is felt, then a breathing time for about a minute must be observed. The exercises 6—12 can only be executed in a stretching position of the left hand, as represented in picture 5. This consists of powerful supination and bending towards the elbows, whereby the fingers almost lie flat on the finger-board; the thumb moves under the neck, where it sustains itself with the broad hollow palm of the hand (picture 6). These examples belong to the most difficult and require some practise of stretching, until they can be well executed. The examples a, b, c, d and 2 up to (including) 6, further 8 and 12 (till *e* flat) can serve as preparatory studies. The bending towards the elbow becomes smaller, the more the hand in a stretching position repairs towards the saddle, as for example in the fourth trill exercise. Single finger exercises admit in their execution some modification.

Beispiel 6 kann auch so geübt werden, daß erster und zweiter Finger (e, d) liegen bleiben und der vierte Finger (d) sich kontinuierlich fortbewegt, oder erster und vierter Finger (e, d) bleiben liegen, und der zweite Finger wird bis zur leichten Schmerzempfindung fortbewegt (d).

Beispiel 7: Erster und vierter Finger (e, d , oberes b) bleiben liegen, der dritte Finger (unteres b) wird fortbewegt, oder erster und dritter Finger (unteres b im Einklang, II und III corda) bleiben liegen, und der vierte Finger (d) wird auf der 4. Saite fortbewegt. Beispiel 10 läßt sich, wie folgt, modifizieren:

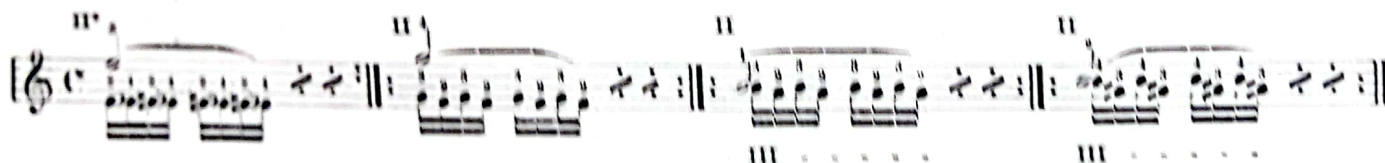
Example 6 can also be practised in this way, that the first and second finger (e, d) remain in position and the fourth finger (d) continually moves on, or first and fourth finger (e, d) remain in position and the second finger moves on until a slight pain is felt (d).

Example VII: first and fourth finger (e, d , upper b) remain in position, the third finger (lower b) is moved on or first and third finger (lower b in accordance, II. and III. corda) remain in position and the fourth finger (d) is moved on the 4 string. Example 10 can be modified as follows:



Beispiel 11 beginne man bis zum as mit dem vierten Finger, der bei diesen Übungen zuerst aufzulegen wäre, ebenso 9 und 10, und trachte nach Möglichkeit bis zum b zu strecken. Übung 12 kann bis zum es vorbereitend wirken, soll aber bei erlangter Streckfähigkeit bis zum f mit dem vierten Finger auf der E-Saite gehen. Um eine kräftige Dehnung, resp. Spreizung jedes einzelnen Zwischenfingerraumes zu erzielen, wodurch Muskelfixierung und Einschaltung von Widerständen vorteilhaft verteilt werden können, würde sich die Heranziehung auch folgender Beispiele, die wie die obigen zu üben wären, empfehlen:

Example 11 begins with the fourth finger as far as a flat; this finger would have to be placed first in these exercises, similarly 9 and 10, and endeavour to stretch till b flat, if possible. Exercise 12 can act as preparation till e flat, but ought to go to f with the fourth finger on the e -string, if the stretching capability is acquired. To acquire a powerful extension and spreading of space between each of the fingers, whereby fixation of muscles and insertion of resistance can be divided advantageously, the student could be recommended to practise the following examples, to be practised of course like the examples mentioned above.



Im ersten Beispiele müssen sich erster und zweiter Finger bewegen, und nur der dritte bleibt liegen. Im zweiten Beispiele bewegen sich zweiter und dritter Finger, und nur der vierte Finger, der zuerst aufzusetzen ist, bleibt liegen. Im dritten Beispiel bleibt der erste Finger liegen, und zweiter und dritter Finger bewegen sich fort. Im vierten Beispiel bewegen sich vierter und dritter Finger, während der zweite Finger liegen bleibt. Auch im achten und neunten Beispiel der Fingerübungen sollen sich zweiter und dritter Finger bewegen und nicht etwa der zweite Finger

In the first example the first and second finger must move and only the third finger remains in position; in the 2nd example the second and third finger move and the fourth remains; this must be placed first. In the third example the first finger remains and the second and third finger move on. In the fourth example the fourth and third finger move, while the second remains. Also in the eighth and ninth example of finger exercises the second and third finger ought to move and the second finger must not remain in position. When one has practised finger

liegen bleiben. Hat man ca. 20 Minuten Fingerübungen betrieben, die man sich je nach dem Stadium, in welchem man sich betreffs Fingergymnastik befindet, unter den angeführten Beispielen gewählt hat, wobei man jede einzelne Übung bis zur leichten Schmerzempfindung wiederholt und zwischen dieselben je eine Minute Erholungspause einschiebt, so übergeht man unmittelbar zu den Trillerübungen, die zehn Minuten in Anspruch nehmen können und genau wie die Fingerübungen auszuführen sind (betreffs Wiederholung und Pause). Hier mögen noch einige spezielle Winke ihren Platz finden.

Beispiel 1 der Trillerübungen soll kontinuierlich bis zu Ende gespielt und, wenn die Fingerschmerzen dann noch sehr gering sind, wiederholt und dort eventuell unterbrochen werden, wo die Empfindlichkeit einsetzt. Im Beispiel 2 bleiben erster und dritter Finger (Einklang) liegen, während sich zweiter und vierter Finger fortbewegen. In ganz gleicher Art wird Beispiel 3 geübt. Letzteres läßt eine nicht unwichtige Modifikation, vom dritten Takt angefangen, zu.



In dieser Modifikation bleiben zweiter und vierter Finger in der Oktave fixiert, während sich dritter Finger hörbar und erster stumm (1) in der Distanz einer Terz fortbewegen.

Trillerübung 5 wird derart ausgeführt, daß zuerst der erste Finger (e) und der zweite (d) aufgelegt und dann mit dem vierten das d im Einklang auf der dritten Saite genommen wird. Nun bleiben erster Finger (e und h) und vierter liegen, während sich der zweite Finger (d, II. ca) fortbewegt.

Bei Übung 6 werden vorerst erster Finger (e) und vierter (h, II. ca) in der Duodezime eingestellt, wobei zuerst der vierte Finger aufgelegt und der erste Finger (e und h, II. ca) fixiert wird; nun bewegt sich der dritte Finger (h, III. ca) gegen den liegenbleibenden zweiten Finger (gis) fort.

Bei Übung 7 bleiben erster Finger (h) und zweiter (gis) liegen, während sich der dritte (h, III. ca) im Einklang fortbewegt.

Bei Übung 8 wird zuerst das g (II. ca) mit dem vierten Finger gegriffen, dann der dritte Finger in der Oktave auf der dritten Saite eingestellt und dieser bei fixiertem vierten und zweiten Finger (f) fortbewegt.

Nachdem Finger- und Trillerübungen in oben beschriebener Weise eine halbe Stunde betrieben wurden,

exercises for 30 minutes from the examples mentioned, selected according to the stage reached in finger gymnastics, each practise having to be repeated until light pain sets in (a breathing time of 1 minute being interposed) one starts directly with trill-exercises, which may last for 10 minutes and have to be executed exactly as finger exercises in respect to repetition and pause. Here a few special suggestions may be mentioned.

Example 1 of trill-exercises ought to be played to the end without stopping and, if the pains in the fingers are not considerable. they ought to be repeated and then interrupted at that point, where the sensitiveness starts. In example 2 the first and third finger (accord) remain, while the second and fourth finger move on. In the same way example 3 has to be exercised. The latter admits a rather important modification beginning at the third bar.

In this modification the second and fourth finger remain fixed in the octave, while the 3^d finger audibly and the 1st mutely (1) move on in the distance of a third.

Trill-exercise 5 should be executed so, that first the 1st finger (e) and 2nd (d) are placed and then the d will be taken with the fourth finger in accord on the 3^d string. Now the first (e and b) and fourth fingers remain, while the 2nd finger (d, II, ca) moves on.

In exercise 6 the first finger (e) and fourth (b, II. ca) are first put in the Duodezime, when at first the fourth finger is placed and the first finger e and b (II, a) is fixed; now the third finger (h, II, a) moves towards the remaining 2nd finger (g sharp).

In exercise 7 the first (b) and second (g sharp) fingers remain, while the third (h, III, a) moves on in accord.

At exercise 8 the g (II, a) is first stopped with the fourth finger then the third finger is placed in the octave in the third string and is moved on with fixed fourth and second (f) finger.

After finger and trill exercises have been exercised in the way described above a rest is taken for a full quarter of an hour. In the same way the

wird eine volle Viertelstunde Rast gehalten. In ganz gleicher Weise werden am Nachmittag die Finger- und Trillerübungen in der Dauer einer halben Stunde mit darauffolgender viertelstündiger Pause betrieben. Es ist schon im ersten Teil erwähnt worden, daß sich in der ersten Zeit Turnscherzen in der Hand einstellen können. In solchen Fällen würde sich die Anwendung der Massage empfehlen. Bekanntlich besteht ihre Wirkung darin, daß sie die durch Arbeit entstandenen Zersetzungsprodukte entfernt, die Blutzirkulation lebhafter gestaltet und Stoffwechselveränderungen schafft. Die Ausführung geschieht in der Weise, daß Streichungen besonders der Zwischenfinger-räume des Handrückens und der Hohlhand zuerst leicht, dann, immer stärker werdend, zentralwärts — von den Fingern gegen den Vorderarm hin — vollführt werden. Daran schließen sich leichte Klopfungen derselben Stellen mit den Fingerspitzen der andern Hand, dann zitternde Streichungen mit den Fingerspitzen, die ebenfalls von der Peripherie gegen das Zentrum laufen, und endlich ganz gewöhnliche, an Stärke allmählich abnehmende, ebenso gerichtete Streichungen, mit denen die ganze Prozedur, die man selber an sich vornehmen kann und die ca. 10 Minuten dauern soll, ihren Abschluß findet. Anfangs wird sie täglich, späterhin seltener betrieben. Ein krankhafter Zustand ist bei Befolgung obiger Angaben unter keinen Umständen zu befürchten. Wie schon erwähnt, kann man nach längerer Betreibung der Fingerübungen 6 bis 8 Tage mit Vorteil aussetzen und sie dann langsam steigernd in Zeit und Widerständen wieder aufnehmen. In manchen Fällen ergibt sich ein sehr günstiges Resultat, wenn nach 10 bis 14 Übungstagen 2 bis 3 Tage Pause eingeschoben werden. Natürlich sollen alle Beispiele langsam und ohne Überhastung geübt werden.

Stricharten.

Die Ausbildung der rechten Hand stellt an den Lernenden ebenso hohe, ja sogar höhere Anforderungen, als dies bei der linken Hand der Fall ist; hängt doch die Tongestaltung wesentlich von der Ausbildung der rechten Hand ab! Aber gerade wegen der Wichtigkeit dieser Übungen geht es hier ohne Übertreibungen nicht ab. Tausende von Beispielen werden herangezogen, so daß der Lernende an der Aufbringung der nötigen Geduld allein verzweifeln könnte. In bezug auf Wert der Stricharten gilt, was ich schon bei den Fingerübungen gesagt habe. Nicht auf Zahl und Umfang kommt es an, sondern in erster Linie auf Zweck-

finger and trill exercises will be continued in the afternoon for half an hour and then again a rest of a quarter of an hour has to be taken. It has been mentioned already in the first part, that the first time gymnastic pains in the hand might set in. In such cases massage is recommended. It is well-known that its result is to remove the putrid products resulting through working, and that it makes the circulation of the blood livelier and effects change of matter. It has to be done in this way, that the spaces especially between the fingers on the back of the hands and the hollow of the hand have to be first rubbed very lightly then always stronger and stronger, from the fingers towards the fore-arm. Light tappings of the same places with the finger-tips of the other hand go with these, then vibrating passes with the finger-tips, which also run from the periphery towards the centre; at last quite common passes in the same direction, slowly diminishing in strength, terminate the whole proceedings; anybody can undertake them himself and they ought to last for about 10 minutes. In the beginning it has to be carried on daily, later on rarely. An unhealthy condition is out of the question, if the information mentioned above is strictly considered. As mentioned before the finger exercises might be interrupted advantageously for 6 to 8 days after much practising, and may be recommenced then slowly increasing in time and resistance. In some cases a very good result is attained, if after 10 to 14 practising days a pause of 2 to 3 days is put in. All the examples of course have to be practised slowly and not too hastily.

Ways of bowing.

The development of the right hand makes just as high, if not higher demands on the student, as in the case of the left hand, as the formation of tones mostly depends on the development of the right hand. But just on account of the importance of the exercises exaggerations are often the case. Thousands of examples are given, so that the student might actually despair of summoning up the necessary courage. In regard to the value of the different ways of bowing, what I said of finger exercises holds good. It does not depend on number and size, but firstly on properly

mäßigkeit. Die hier empfohlenen Stricharten sind derart gewählt, daß sowohl die Gelenke, speziell das Handgelenk, als auch die sie beherrschenden Muskeln ihre feinste Ausbildung erfahren. Dadurch wird es wahrlich überflüssig, sich speziell mit dem Studium zahlloser Stricharten zu befassen. Eine Hauptrolle spielt natürlich die richtige Bogenführung und das Verhältnis, in welchem sich die Haltung oder Lage der Geige zum Bogen, und umgekehrt, befindet. Soll an einem Gegenstande mittelst einer Kraft Arbeit vollführt werden, so kann letztere nur dann befriedigend ausfallen, wenn zwischen der arbeitenden Kraft und dem Gegenstand ein günstiges Lagenverhältnis hergestellt wird. Ist dieses gegeben, so muß auch behufs Steigerung der Leistung die Führung der arbeitenden Kraft richtig sein. Was nützt es, zahllose Stricharten zu üben, wenn Bogenführung und Lagenverhältnis zwischen Geige und Bogen falsch sind! Die Arbeit gestaltet sich in solchen Fällen stets mangelhaft und läßt keine feinen Ausführungen zu. Zur Veranschaulichung dieses wichtigen Gegenstandes sind zwei Aufnahmen über richtige und zwei Aufnahmen über falsche Bogenführung dem Werke beigegeben; an der Hand derselben soll das Erforderliche besprochen werden. Damit jener Grad der Leichtigkeit bei der Bogenführung erlangt wird, welcher zur Ausführung der feinsten Arbeit auf der Geige erforderlich ist, muß in erster Linie das Handgelenk die sorgfältigste Ausbildung erfahren. Es ist uns bekannt, daß dasselbe von einer bindegewebigen Kapsel eingeschlossen ist, und daß eine große Zahl von Muskeln mit mannigfachen Funktionen über dasselbe hinwegzieht. Nur bei lockerem Handgelenk können die Muskeln auf die Beweglichkeit desselben den richtigen Einfluß nehmen, da durch Anspannung der Muskeln, womit auch eine Spannung des bindegewebigen Bandapparates verbunden ist, Steifigkeit dieses Gelenkes bedingt ist. Diese Anspannung der auf das Gelenk Bezug habenden Muskeln verbraucht Arbeit, die für die Bogenführung verloren geht, und gleichzeitig setzt das steife Handgelenk den bei der Bogenführung tätigen Muskeln einen beträchtlichen Widerstand entgegen, wodurch rasche Ermüdung eintritt. Im ersten Bild sehen wir, wie der Bogen im Beginn des Abstrichs angesetzt wird. Das Handgelenk befindet sich in halber Beugung hohlhandwärts, leichter Beugung ellenwärts und halber Einwärtsrollung. Durch die halbe Beugung ist den über den Handrücken laufenden Streckern ein gewisses Übergewicht gegenüber den Beugern verliehen worden, da sie etwas angespannt werden und in diesem Zustande einer größeren Kraftentfaltung fähig sind, als die bei dieser Handstellung leicht erschlafften Beuger. Beim Abstrich des Bogens treten in erster Linie die Strecker in Aktion, da die

approaching the end aimed at. The ways of bowing recommended here are chosen in such a way, that the joints, especially the wrist, as well as the muscles dominating them, acquire their highest perfection. Thus it is really superfluous to occupy oneself with the study of numerous ways of bowing. A principal thing, of course, is the right management of the bow and the relation of the position of the violin to the bow and vice versa. If work is to be done on an object by means of force, the latter can turn out satisfactorily only then, when there is a favourable relation of positions between the working power and the object. This condition granted, the managing of the working power must be set aright for the intensification of the execution. What is the use of practising innumerable ways of bowing, if the management of the bow and the relation of the position between violin and bow are wrong. The work turns out in such cases to be always deficient and does not admit of a really fine execution. To give a clear idea of this important matter, two sketches are given for the correct and two sketches for the wrong management of the bow; by means of these the essential will be explained. To acquire that easiness of the management of the bow, which is necessary for the execution of the finest work on the violin, the wrist has first to undergo the most careful cultivation. We know that it is inclosed by a capsule of connective tissue and that a great number of muscles with various functions run over it. Only with a loose wrist the muscles can exert the right influence upon its mobility, as through stretching of the muscles, combined with a tension of the ligamentous apparatus of connective tissue, stiffness of this joint is the result. This straining of the muscles in reference to the joint requires work, which is lost for the managing of the bow and at the same time the stiff wrist resists to a great extent the muscles used for managing the bow; of course fatigue quickly sets in. In the first figure we see, in which way the bow is applied in beginning a down stroke. The wrist is in a half-bend towards the hollow of the hand, a light half bend towards the elbow and a half inward bend. Through half-bending a certain superiority is given to the stretchers running over the back of the hand in opposition to the flexor muscles, as they are stretched a little and are capable of displaying more force in this condition than the flexor muscles which are slightly relaxed in this position of the hand. In drawing down the bow the stretchers come into action first, as the bending towards the hollow of the hand over the stretching position of the joint passes more and more over the bending of the back of the hand.



Bild 1. Haltung am Frosch.
Figure 1. Position at the lower point of the bow.



Bild 2. Haltung an der Spitze.
Figure 2. Position at the upper point of the bow.



Bild 3. Falsche Haltung.
Figure 3. False position.



Bild 4. Falsche Haltung.
Figure 4. False position.



Bild 5. Streckstellung.
Figure 5. Stretch position.



Bild 6. Lage des Daumens bei Streckstellung.
Figure 6. Position of the Thumb in stretch position.

Beugung hohlhandwärts über die Strecklage des Gelenkes in die Beugung handrückenwärts immer mehr übergeht. Bei Ausführung insbesondere langsamer präziser Bewegungen sind es die Antagonisten, in unserem Falle die Beuger, welche durch ihre Gegenwirkung der Bewegung das richtige Maß verleihen und damit die Präzision bedingen.

Das ist der Grund, weshalb der Ansatz des Bogens am Frosch nicht in voller Beugung des Handgelenkes (siehe Bild 3) stattfinden darf, da, wie schon im ersten Teil auseinandergesetzt wurde, die über das Handgelenk ziehenden Strecker in vollster Spannung wären und das Maximum ihrer Leistung vollführen würden, während die Beuger infolge völliger Erschlaffung als Antagonisten fast gänzlich ausgeschaltet wären. Die Präzision ginge damit völlig verloren. Wir sagten, daß bei Beginn des Abstrichs sich die Hand in halber Pronationslage befindet. Je mehr der Bogen sich abwärts bewegt, desto mehr steigert sich die Einwärtsrollung. Auch zwischen Pronatoren (runder Einwärtsdreher, viereckiger Einwärtsdreher, innerer Speichenmuskel) und Supinatoren (zweiköpfiger Muskel, langer und kurzer Auswärtsdreher, langer Abzieher des Daumens, langer und kurzer Strecker des Daumens), finden behufs Präzision der Ausführung der Bogenbewegungen ganz gleiche Vorgänge wie zwischen Beugern und Streckern statt. Die falsche Haltung auf Bild 3 zeigt uns aber auch, daß mit derselben das Lagenverhältnis zwischen Bogen und Geige falsch wird, da der Bogen mit seiner Spitze gegen das Gesicht des Spielenden gewendet erscheint. Der Bogen läuft also schief über die Saiten. Dadurch wird die Tongestaltung mangelhaft, da das Berührungsverhältnis zwischen Bogen und Saite ungünstig ist. Der Bogen soll unter allen Umständen parallel zum Steg laufen, da sonst die Tongestaltung unrein wird. Freilich können ganz geringe Abweichungen oft nicht vermieden werden, aber sie sollen sehr gering sein, um als Fehlerquellen kaum oder gar nicht in die Wagschale zu fallen. Bild 5 zeigt uns die Stellung der Bogenmitte, an der deutlich die parallele Lage des Bogens zum Steg ersichtlich ist. Bild 2 zeigt die Bogenhaltung, wenn man beim Abstrich bis zur Spitze gelangt ist. Die Hand befindet sich in stärkerer Einwärtsrollung und Beugung handrückenwärts. Beim Aufstrich haben die Beuger und Auswärtsdreher das Übergewicht, da das Handgelenk immer mehr hohlhandwärts gebeugt und auswärts gerollt wird, bis, am Frosch angelangt, halbe Beugung und halbe Einwärtsrollung resultiert. In der auf diesem Bilde dargestellten Haltung sind die über das Handgelenk laufenden Beuger stärker gespannt als die Strecker und ebenso die Supinatoren etwas stärker als die Pronatoren. Natürlich müssen behufs Präzision der

In executing especially slow and precise movements, the antagonists, in our case the flexor muscles, grant the right measure through their contrary effect of motion and with it necessitate precision.

This is the reason, why the putting of the bow upon the nut must not occur with a full bending of the wrist (figure 3), as (as explained in the first part) the stretchers stretching over the wrist would be in highest tension and would fulfill the maximum of their capacity, while the flexor muscles would be brought nearly entirely out of action in consequence of full relaxation as antagonists. The precision would therewith be lost entirely. We said, that at the beginning of the bowing down, the hand is in a half pronatory position. The more the bow moves downwards, the more the bending inwards increases. Also between pronators (round inwards bender, square inwards turner, interior muscle of the spokes) and supinators (two-headed muscle, long and short outwards turner, long abductor of the thumb, long and short stretcher of the thumb) there are quite the same processes in behalf of precision in executing bow movements, as between flexors and stretchers. The false position on figure 3 shows us too, that the relation of position between bow and violin turns out therewith to be false, as the bow appears to be directed with its point towards the face of the player. The bow runs consequently inclined over the strings. Thereby the formation of sounds becomes deficient, as the contact relation between bow and string is not favourable. The bow ought to run in any case parallel with the bridge, because otherwise the formation of sounds is not clear. Small deviations of course cannot be avoided entirely, but they ought to be of hardly any account, and as a source of faults to come into consideration hardly or not at all. Figure 5 shows us the position of the middle of the bow; here the parallel position of the bow to the bridge is distinctly visible. Figure 2 shows the management of the bow, when one has reached the head in the downward stroke. The hand is more strongly bent inwards and back. In bowing up the bendings and outward-turners overbalance, as the wrist is bent always more and more towards the hollow of the hand and is bent outward, until the nut is reached, when half bending and a half inwards bending results. In the attitude described in this figure, the flexors running over the wrist are more strained than the stretchers and similarly the supinators a little more than the pronators. The antagonists must come of course into action to further precision of execution. Figure 4 shows us a false managing of the bow, caused by the fact, that the elbow appears to be lifted.

Ausführung die Antagonisten in Aktion treten. Bild 4 zeigt uns eine falsche Bogenführung, dadurch verursacht, daß der Ellenbogen gehoben erscheint. In diesem Falle haben wir das ungünstigste Lagenverhältnis zwischen tiege und Bogen, so daß von Ausführung feiner Arbeit keine Rede sein kann. Auch die linke Hand zeigt hier eine falsche Haltung.

Bei Ausführung der angegebenen Beispiele über Stricharten soll in erster Linie auf ein lockeres Handgelenk Bedacht genommen werden, um den über dasselbe hinwegziehenden Muskeln ihre volle Aktionsfreiheit zu gewähren. Natürlich kann die Herrschaft über das Handgelenk nur durch richtige Übung erlangt werden, was oft viel Mühe und Zeit beansprucht. Sicherlich wird durch günstige Wahl der Übungen, bei welchen Bewegungen des Bogens über die Saiten in komplizierten Stricharten vorherrschen, die bei unrichtiger Ausführung sehr bald Ermüdung und Schmerzgefühle verursachen, das angestrebte Resultat viel rascher und mit weniger Aufwand an Geduld erreicht. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, die Zahl der Beispiele ins Ungemessene zu treiben. Wenn auch die Ausführung der empfohlenen Beispiele in der ersten Zeit nicht tadellos ausfallen und die Beherrschung des Handgelenks und der einschlägigen Muskeln Mängel aufweisen sollte, so muß man eben bedenken, daß die Ausbildung der rechten Hand mit großer Vorsicht und ohne Übereilung betrieben werden muß. Jede Übung soll stets langsam studiert werden, bis man sie völlig beherrscht. Natürlich kann man sich dann ein rascheres Tempo erlauben. Was die Ausführung der gewählten Beispiele betrifft, so wäre folgendes anzuführen:

Das erste Beispiel, welchem die 10. Etüde von Rode zugrunde gelegt ist, um die Bogenbewegungen aufs günstigste auszunutzen zu können, enthält vier Stricharten: Nr. 1 und 2 werden zuerst in der Mitte, dann an der Spitze und schließlich am Frosch an der beigeschlossenen Etüde bis zur tadellosen Ausführung geübt, Nr. 3 mit leichtem Bogen in der Mitte und am Frosch, Nr. 4 mit springendem Bogen in der Mitte und am Frosch.

Das zweite Beispiel, welchem die Etüde Nr. 13 von Kreutzer zugrunde gelegt ist, umfaßt ebenfalls vier Stricharten. Nr. 1 und 2 werden zuerst mit der Mitte, dann mit der Spitze und schließlich am Frosch geübt. Nr. 3 mit dem ganzen Bogen. Nr. 4 von der Mitte bis zur Spitze, dann vom Frosch bis zur Mitte.

Das dritte Beispiel, dem die Etüde Nr. 8 von Rode zugrunde gelegt ist, weist fünf Stricharten auf. Nr. 1 fest abstoßen und dann mit leichtem Bogen. Nr. 2, 3, 4, Mitte, Spitze und Frosch. Nr. 5 im Aufstrich leicht und springend, aber nicht kratzend, dann fest abstoßen; im Abstrich mit leichtem Handgelenk

In this case we have the unfavourable relation of position between violin and bow, so that there cannot be any idea of executing fine work. The left hand also shows here a wrong attitude.

In executing the given examples of ways of bowing, a loose wrist ought first to be considered in order to grant full freedom of action to the muscles passing over it. A full power over the wrist can of course only be obtained through correct practising and requires often much labour and time. The desired result will be acquired much quicker and with less patience by choosing the right exercises, in which movements of the bow in complicated ways of bowing predominate, causing soon pains and fatigue, if executed not correctly. Through this the necessity disappears of practising innumerable examples. Even if the execution of the examples recommended does not turn out faultless and the managing of the wrist and the muscles concerned should prove to be deficient, it must be considered, that the cultivation of the right hand must be pursued with the greatest care and without overhastiness. Each exercise ought to be studied always slowly until fully mastered. Of course one can then take a quicker time. As to the execution of the following examples, the following ought to be mentioned.

The first example, the 10th study by Rode, taken as a starting point, to use the best mode of bowing, contains four ways of bowing. No. 1 and 2 have to be practised first in the middle, then at the point and finally at the nut until faultless execution is acquired. No. 3 with a light bow in the middle and at the nut. No. 4 with springing bow in the middle and at the nut. The second example, based upon the etude No. 13 by Kreutzer, also contains 4 ways of bowing. No. 1 and 2 have to be practised first with the middle, then with the point and finally on the nut. No. 3 with the entire bow. No. 4 from the middle till the point, then from the nut to the middle.

The third example, based upon the etude No. 8 by Rode, shows 5 ways of bowing. No. 1 to be performed in a short distinct style and then with a light bow. No. 2, 3, 4, middle, point and nut. No. 5 in bowing upwards light and springing, but not strumming, then performed in a short distinct style; in bowing down with light wrist and slowly. The first note to be played in short distinct style with a whole bow No. 2.

Fourth example. This is based upon the etude No. 36 by Fiorillo; it contains 3 ways of bowing.

No. 1, 2, 3 first middle, then point and finally nut.

und langsam, die erste Note mit ganzem Bogen. Nr. 2 abstoßen.

Viertes Beispiel. Diesem liegt die Étude Nr. 36 von Fiorillo zugrunde; es umfaßt drei Stricharten.

Nr. 1, 2, 3 zuerst Mitte, dann Spitze und schließlich Frosch.

Fünftes Beispiel. Hier ist ebenfalls die 36. Étude von Fiorillo zugrunde gelegt, jedoch modifiziert. Die Beispiele, ausgenommen die Staccatoübungen, sind zuerst mit der Mitte, dann mit der Spitze und endlich am Frosch zu üben. —

Hat man sich die nötige Fertigkeit in der Ausführung der empfohlenen Stricharten angeeignet, so empfiehlt es sich, etwa sechs Stricharten täglich, die eine Hälfte vor-, die andere Hälfte nachmittags, zu üben. — Noch wäre nachzutragen, daß die Haltung der linken Hand auf Bild 3 absolut falsch ist, da bei derselben das Berührungsverhältnis zwischen Finger und Saiten völlig ungünstig ist, und die Reinheit der Intonation verloren gehen muß. Die richtige Haltung der linken Hand zeigen die Bilder 1, 2, aus welchen auch zu entnehmen ist, daß infolge vorteilhafter Stellung des Handgelenks die einschlägigen Muskeln unter günstigen Verhältnissen in Aktion treten können.

Behufs gleichmäßiger Bogenführung sind Skalenübungen in vorteilhafter Zusammenstellung dem Werke beigegeben (Seite 12 bis 15), welche zuerst langsam mit besonderer Beachtung der Intonation und Gleichmäßigkeit — d. h. jede Note ist gleich lang zu nehmen — abgestoßen zu üben sind; dann empfiehlt es sich, die Hälfte der einzelnen Skala und schließlich die ganze Skala zu binden. Der doppelte Fingersatz weist auf die vorteilhafte Ausführung hin. Auf eine wichtige Tatsache sei noch hingewiesen; bei richtiger Haltung der Geige muß die Nasenspitze auf die Schnecke zielen.

Dem fünften Beispiele über Stricharten wurden Übungen für die Tonbildung angeschlossen, die von außerordentlicher Bedeutung für die Tongestaltung sind. Es wurden zwei Beispiele gewählt, um von den tiefen bis in die höchsten Lagen, wo besonders auf die richtige Tongebung zu achten ist, gelangen zu können. An diesen Beispielen ist über der Zeile *f* — forte — zu lesen. Es sind also die mit einem Bogen vom Frosch bis zur Spitze, und umgekehrt, zu haltenden vier Takte durchwegs stark zu spielen, das zweitemal durchwegs leise zu studieren. Unter der Zeile steht *p* — piano. Sollte man anfangs die vier Takte im Andante nicht mit einem Bogenzug halten können, so versuche man dies in einem etwas schnelleren Tempo zu erreichen. Man erlangt dann sicher die bekannte Fähigkeit des „langen Bogens“ im Auf- und Abstrich. Die folgenden fünf Ausführungsarten

Fifth example. Here also the 36th etude by Fiorillo is the basis, but in a changed form. The examples, except staccato, have to be practised first with the middle, then with the point and finally at the nut.

If one has acquired the necessary ability in executing the recommended ways of bowing, it is to be recommended that he practise about 6 ways of bowing daily, one half in the fore-, the other half in the after noon.

It must be added, that the position of the left hand on figure No. 3 is absolutely wrong, as therewith the contact relation between fingers and strings is entirely unfavourable and the purity of the intonation must be lost. The figures 1 and 2, from which we observe, that in consequence of advantageous position of the wrist the muscles concerned can be brought into action under favourable conditions, show the correct position of the left hand. In behalf of even management of the bow, scale exercises, profitably arranged, are added to this work (page 12 to 15), which have to be practised, first slowly with especially care of the intonation and evenness; that means, that each note is to be taken equally long, to be practised in a short distinct style and then it is recommended to join one half of each scale and finally the whole scale. The double fingering points to an advantageous execution. An important fact has especially to be mentioned: in holding the violin correctly the point of the nose must point towards its head.

To the fifth example, concerning ways of bowing, exercises for the formation of tone are added, which are very important for the form of tones. Two examples have been chosen to proceed from the low to the highest positions, where especially the right production of tone has to be observed. In these examples read „forte“ over the line *f*. The four bars to be held with the bow from the nut to the point and vice-versa are to be played very strongly; the second time this is to be studied very slowly. Under the line is *p* — piano. In case you should not be able to play the four bars in andante with one stroke of the bow, try to do it in a little quicker time. Then the well-known ability of „the long bow“ in up- and down-stroke will certainly be acquired. The following 5 ways of executing show interesting variations, of which each example ought to be practised. The notations usually employed are chosen: *p* — piano — softly; *f* — forte — strongly;  this fork shows beginning piano, pass over to forte;  means the contrary.

zeigen interessante Varianten, in denen jedes Beispiel geübt werden soll. Es sind die allgemein verständlichen Bezeichnungen gewählt: *p* = piano = leise; *f* = forte = stark; ——— diese Cabel zeigt beginnendes piano, Übergehen zu forte, während ——— das Gegenteil andeutet.

Intonationsübungen.

Die Fähigkeit, richtig, resp. rein intonieren zu können, setzt eine musikalische Veranlagung voraus. Dennoch findet man trotz musikalischer Veranlagung ziemlich häufig Mängel in der Intonation, die nur ein fein ausgebildetes Ohr erkennt. Deswegen hat sich die Notwendigkeit ergeben, charakteristische Beispiele heranzuziehen, welche geeignet sind, verfeinernd auf das Gehör zu wirken, ein Vorgang, der hier eine nähere Erörterung erfahren soll.

Bekanntlich bezeichnet man mit Schall jede Empfindung, die von außen stammt und durch das Gehör vermittelt wird. Derjenige Körper, von welchem der Schall ausgeht, befindet sich in zitternder oder schwingender Bewegung. Diese Bewegung überträgt der schallerregende Körper auf die Luftteilchen oder auf die Teilchen eines anderen elastischen Körpers, der auch fest oder flüssig sein kann, bis die Erschütterung an unser Trommelfell gelangt. Von einem schwingenden Punkte breitet sich die Schallbewegung in Kugelschalen aus, die sich abwechselnd im Zustande der Verdichtung und Verdünnung befinden. So wird z. B. durch die Detonation einer Zündkapsel die Luft nach allen Seiten hin gestoßen, wodurch um die Schallquelle eine Kugelschale verdichteter Luft entsteht. Diese Bewegung pflanzt sich fort, indem auf die Schichte verdichteter Luft eine Schichte verdünnter Luft folgt, und so schreiten Verdichtungs- und Verdünnungswellen hintereinander nach allen Seiten mit gleicher Geschwindigkeit fort. Die Schallwelle entsteht also dadurch, daß die Luftmoleküle nach allen Seiten hin gestoßen werden. Daraus resultiert die Annahme, daß die Moleküle bei ihrer Schwingung sich in der Richtung bewegen, in welcher sich die Schallwellen fortpflanzen. Letztere werden darum Longitudinalwellen genannt. Wenn wir uns eine Verdichtungs- und Verdünnungswelle vorstellen wollten, müßte dies derart geschehen, daß wir uns eine Reihe von Punkten vorstellen, die von Strecke zu Strecke einander genähert und von Strecke zu Strecke weiter voneinander entfernt sind. Um das Verständnis der Fortpflanzung des Schalles zu ermitteln, muß die Wellenlehre herangezogen werden. Wir wissen aus Erfahrung, wie die Wellen eines vom Wind bewegten Ährenfeldes aussehen, und die Wasserwellen, die entstehen, wenn man einen Stein in ruhig stehendes Wasser wirft.

Exercises of intonation.

The ability to intonate correctly, that means purely, presumes a musical disposition. All the same, faults in the intonation are found quite frequently in spite of musical disposition and are to be recognised only by a well trained ear. Therefore the necessity has arisen, to provide characteristic examples, which are calculated to have a refining effect on the hearing, a process, we will discuss here more explicitly.

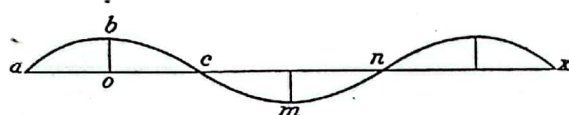
Sound signifies notably every sensation, originating from outside and mediated through hearing. The body, from which the sound originates, finds itself in trembling or vibrating movement. The body making sounds transports this movement to the particles of air or to the particles of another elastic body, which can also be firm or liquid, until the trembling reaches our drumskin. From a swinging point the movement of sound spreads in ball-like shell balls, which are in a condition of either condensation or extenuation. To give an example, the air is pushed through the detonation of a percussion-cap to all sides, whereby a ball-like shell of condensed air arise around the source of sounds. This movement continues, while a stratum of extenuated air follows on a stratum of condensed air and so condensating and extenuating proceed waves one after another to all directions with equal speed. The wave of sounds arises thus from the molecules of air being pushed in all directions. Therefrom results the notion, that the molecules at their swingings move in the direction in which the waves of sounds proceed.

The latter are therefore called longitudinal waves. If we wanted to imagine a wave of condensation and one of extenuation, this would have to be done in such a way, that we imagine a row of points, which are from distance to distance approached and from distance to distance removed. The theory of waves must be approached to understand the spreading of the sound. We know by experience, how the waves of a field of corn look, if moved by wind, further the waves of water, which arise, if you throw a stone in calm water. The particle of water, which has been pressed down at this spot, will be forced through the pressing of the surrounding water, to come up again, rises to the surface, does not get any rest here, but moves on further upwards, un-

Das Wasserteilchen, welches an dieser Stelle hinabgedrückt wurde, wird durch den Druck des umgebenden Wassers genötigt, wieder emporzusteigen, gelangt an die Oberfläche, kommt aber hier nicht zur Ruhe, sondern bewegt sich weiter nach aufwärts, bis es durch die entgegenwirkende Schwerkraft gezwungen wird, wieder hinabzusinken, und vollführt so eine Reihe auf- und abwärtsgehender pendelartiger Schwingungen. Weil aber zwischen den Wasserteilchen Zusammenhängskräfte tätig sind, so pflanzt sich die Schwingung des ersten Teilchens auf die benachbarten fort, es entstehen dadurch ringförmige Senkungen und Hebungen, die man als Wellental und Wellenberg bezeichnet. Die Gesamtheit aller Wellenringe bildet ein Wellensystem. Die vom Mittelpunkt des Wellensystems auf der ruhigen Wasseroberfläche gezogene Wagrechte heißt Wellenstrahl; die Wasserteilchen liegen im Ruhezustande auf dieser Geraden. Bei der Wellenbewegung liegen sie teils darüber, teils darunter und bilden in ihrer Aufeinanderfolge eine Wellenlinie. Ein Teil des Strahles, der von einem Wellenberg und Wellental eingenommen wird, heißt Wellenlänge. Schwingungsweite oder Amplitude nennt man die größte Abweichung des Teilchens von der Mittellage (bei den Wasserwellen Oberfläche des Wassers). Das Wasserteilchen wird senkrecht auf- und abwärts- und gleichzeitig wagrecht auf dem Strahl vor- und zurückgeschoben. Diese Bewegung ist also zusammengesetzt aus zwei pendelartigen Schwingungen; die ersteren, die auf dem Wellenstrahl senkrecht stehen, heißen Transversal- oder Querschwingungen, die letzteren, die im Strahl selbst vor sich gehen, Longitudinal- oder Längsschwingungen. Diese zwei Arten von Wellenbewegungen können auch für sich allein auftreten. So sind z. B. die Schallwellen Longitudinalwellen.

til it is forced through the counteracting gravitation to sink down again, and so executes a suite of swingings, going upwards and downwards like pendulums. But as there is some connective force between the particles of water, the swinging of the first particle carries on the neighbouring; thus arise heavings and sinkings in the form of a ring, called wave-hills and wave-valleys. The totality of all rings of waves produces a system of waves. The horizontal line drawn on the quiet surface of the water from the centre point of the system of waves is called wave-column; the water particles rest on this line, if reposing.

With the undulating motion they rest partly above, partly under it and form in their succession a line of waves. A part of the column, formed by a hill and by a valley of waves, is called wave-line. Breadth of swinging or amplitude is the name for the biggest deviation of the particle from the middle position (with the water waves, surface of the water). The particle of water will be moved perpendicularly upwards and downwards and at the same time horizontally on the column forwards and backwards. This movement consists in this way of two swingings in pendulum fashion. The first, which stand vertical on the column of waves, are called transversal or cross swingings, the latter, which are in the column itself, are called longitudinal or collateral swingings. These two kinds of undulations can appear each one alone. To give an example, the waves of sound are longitudinal waves.



ax = Wellenstrahl,

an = Wellenlänge,

abc = Wellenberg,

cmn = Wellental,

bo = Schwingungsweite oder Amplitude.

ax = wave-column,

an = wave-longitude,

abc = wave-hill,

cmn = wave-valley,

bo = breadth of swingings or amplitude,

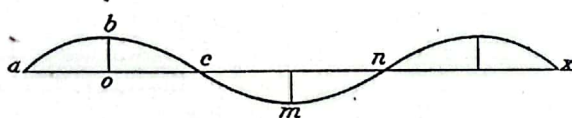
Wirft man zwei Steine in einiger Entfernung voneinander in ruhiges Wasser, so entstehen zwei Wellensysteme, die sich ausbreiten und durchkreuzen. Wir können beobachten, daß die Wellenform an der Durchkreuzungsstelle ganz anders aussieht, als an den übrigen Stellen der beiden Wellensysteme. Durch das Zusammenwirken (Interferenz) der letzteren entsteht eine neue Wellenform. An allen Stellen nämlich, wo zwei Wellen-

If you throw two stones at some distance from each other into calm water, two systems of waves arise, which expand and cross. We can observe that the form of waves at the crossing point looks quite different than at other points of both systems of waves. Through co-operation (interference) of the latter arises a new form of waves. At all points namely, where two wave-hills meet, the water rises to double height.

Das Wasserteilchen, welches an dieser Stelle hinabgedrückt wurde, wird durch den Druck des umgebenden Wassers genötigt, wieder emporzusteigen, gelangt an die Oberfläche, kommt aber hier nicht zur Ruhe, sondern bewegt sich weiter nach aufwärts, bis es durch die entgegenwirkende Schwerkraft gezwungen wird, wieder hinabzusinken, und vollführt so eine Reihe auf- und abwärtsgehender pendelartiger Schwingungen. Weil aber zwischen den Wasserteilchen Zusammenhängskräfte tätig sind, so pflanzt sich die Schwingung des ersten Teilchens auf die benachbarten fort, es entstehen dadurch ringförmige Senkungen und Hebungen, die man als Wellental und Wellenberg bezeichnet. Die Gesamtheit aller Wellenringe bildet ein Wellensystem. Die vom Mittelpunkt des Wellensystems auf der ruhigen Wasseroberfläche gezogene Wagrechte heißt Wellenstrahl; die Wasserteilchen liegen im Ruhezustande auf dieser Geraden. Bei der Wellenbewegung liegen sie teils darüber, teils darunter und bilden in ihrer Aufeinanderfolge eine Wellenlinie. Ein Teil des Strahles, der von einem Wellenberg und Wellental eingenommen wird, heißt Wellenlänge. Schwingungsweite oder Amplitude nennt man die größte Abweichung des Teilchens von der Mittellage (bei den Wasserwellen Oberfläche des Wassers). Das Wasserteilchen wird senkrecht auf- und abwärts- und gleichzeitig wagrecht auf dem Strahl vor- und zurückgeschoben. Diese Bewegung ist also zusammengesetzt aus zwei pendelartigen Schwingungen; die ersteren, die auf dem Wellenstrahl senkrecht stehen, heißen Transversal- oder Querschwingungen, die letzteren, die im Strahl selbst vor sich gehen, Longitudinal- oder Längsschwingungen. Diese zwei Arten von Wellenbewegungen können auch für sich allein auftreten. So sind z. B. die Schallwellen Longitudinalwellen.

til it is forced through the counteracting gravitation to sink down again, and so executes a suite of swingings, going upwards and downwards like pendulums. But as there is some connective force between the particles of water, the swinging of the first particle carries on the neighbouring; thus arise heavings and sinkings in the form of a ring, called wave-hills and wave-valleys. The totality of all rings of waves produces a system of waves. The horizontal line drawn on the quiet surface of the water from the centre point of the system of waves is called wave-column; the water particles rest on this line, if reposing.

With the undulating motion they rest partly above, partly under it and form in their succession a line of waves. A part of the column, formed by a hill and by a valley of waves, is called wave-line. Breadth of swinging or amplitude is the name for the biggest deviation of the particle from the middle position (with the water waves, surface of the water). The particle of water will be moved perpendicularly upwards and downwards and at the same time horizontally on the column forewards and backwards. This movement consists in this way of two swingings in pendulum fashion. The first, which stand vertical on the column of waves, are called transversal or cross swingings, the latter, which are in the column itself, are called longitudinal or collateral swingings. These two kinds of undulations can appear each one alone. To give an example, the waves of sound are longitudinal waves.



ax = Wellenstrahl,
 an = Wellenlänge,
 abc = Wellenberg,
 cnm = Wellental,
 bo = Schwingungsweite oder Amplitude.

ax = wave-column,
 an = wave-longitude,
 abc = wave-hill,
 cnm = wave-valley,
 bo = breadth of swingings or amplitude.

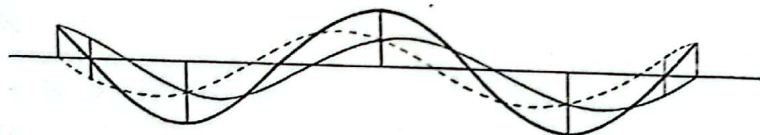
Wirft man zwei Steine in einiger Entfernung voneinander in ruhiges Wasser, so entstehen zwei Wellensysteme, die sich ausbreiten und durchkreuzen. Wir können beobachten, daß die Wellenform an der Durchkreuzungsstelle ganz anders aussieht, als an den übrigen Stellen der beiden Wellensysteme. Durch das Zusammenwirken (Interferenz) der letzteren entsteht eine neue Wellenform. An allen Stellen nämlich, wo zwei Wellen-

If you throw two stones at some distance from each other into calm water, two systems of waves arise, which expand and cross. We can observe that the form of waves at the crossing point looks quite different than at other points of both systems of waves. Through co-operation (interference) of the latter arises a new form of waves. At all points namely, where two wave-hills meet, the water rises to double height.

berge zusammentreffen, erhebt sich das Wasser zu doppelter Höhe. Trifft ein Wellenberg mit einem Wellental zusammen, so wird das Wasser auf das ursprüngliche Niveau zurückgeführt. Je nach der Art der Wellensysteme, welche sich in einem Mittel durchkreuzen, entstehen verschiedene Schwingungsformen.

Graphische Darstellung der Interferenz.

Die Klänge unterscheiden sich durch ihre Höhe und Stärke (erstere bedingt durch die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde, letztere durch die Schwingungsweite), außerdem durch ihre Klangfarbe. Mit diesem Ausdruck bezeichnet man den eigentümlichen Charakter, den ein und dieselbe Note besitzt, je nachdem sie durch die Violine, das Klavier, die menschliche Stimme, usw., wiedergegeben wird. Woher kommt die große Mannigfaltigkeit der Klangfarben? — Da müssen wir uns vorerst klar werden über den Unterschied zwischen Ton und Klang. Unter einem einfachen Tone versteht man eine Folge von pendelartigen Schwingungen, unter einem Klange aber ein Wellensystem. Das Ohr empfindet nur eine pendelartige Schwingung der Luft als einfachen Ton und zerlegt jede andere Schwingungsform in pendelartige Schwingungen, die als eine Reihe einfacher Töne aus dem zusammengesetzten Klange herausgehört werden.



Die gestrichelte und die fein ausgezogene Wellenlinie gehören zwei Wellensystemen an, die sich durchkreuzen und interferieren. Die dadurch entstehende neue Schwingungsform ist durch die dick ausgezogene Wellenlinie bezeichnet.

Diese Zerlegung wird von unserem Ohre unbewußt vorgenommen. Der tiefste, in einem Klange enthaltene einfache Ton heißt sein Grundton, die höheren die Obertöne. Die Verschiedenartigkeit der Klangfarben ist dadurch bedingt, daß sich zu dem Grundtone bald diese, bald jene seiner Obertöne beigesellen. Jeder Körper, der in Schwingungen versetzt werden kann, gibt einen ganz bestimmten, ihm eigentümlichen Ton, seinen Eigenton. Wird von zwei nebeneinander aufgespannten Saiten die eine zum Tönen gebracht, so tönt die andere mit, wenn sie mit der ersten gleichgestimmt ist; sie bleibt dagegen stumm, wenn ihre Stimmung auch nur wenig von jener abweicht. Er klingt der Eigenton eines Körpers, erregt durch eine andere Schallquelle, so tönt der Körper selber mit. Die Töne von Saiten werden nur dann kräftig hörbar, wenn letztere über einen hölzernen Resonanzboden

If a wave-hill meets with a valley of waves, the water will be carried back to its original niveau. According to the kind of wave-systems, which cross at a medium, different forms of swinging arise.

Graphic representation of the interference.

The line of wave which is streaked and the one which is marked with fine lines, belong to two systems of waves, which cross and interfere. The new form of swinging arising thereby is marked by the line of wave marked with thick lines.

The tunes differ by their height and strength (the first controlled by the number of vibrations in the second, the latter by the width of these vibrations), also by their tone-colour. With this expression the peculiar character is signified which one note possesses, produced either by the violin, or the piano, or the human voice, etc. Whence comes the great variety of tone-colour? In the first place we have to know thoroughly the difference between tone and sound. By a simple sound we understand the consequence of pendulum-like vibrations, but by a tone a system of waves. The ear feels a pendulum-like swinging of the air only as a simple tone and divides

The line of wave which is streaked and the one which is marked with fine lines, belong to 2 systems of waves, which cross and interfere. The new form of swinging arising thereby is marked by the line of wave marked with thick lines.

every other form of vibration into pendulum-like swingings, which are heard as a suite of simple tones out of the composite sound. This dissection is effected by our ear without our knowledge. The deepest simple tone contained in one sound, is called its keynote, the higher ones the overtones. The manifoldness of colours of tones is caused by, the fact that sometimes these and sometimes others of its overtones associate with their keynote. Every substance which can be brought to vibrate, gives a certain tone peculiar to itself. When one of two strings, stretched side by side is made to sound, the other one resounds with it, if it is attuned to it; otherwise it remains mute even though its tone deviates only a little from the other. If the groundtone of a substance resounds, caused by another source of sounds, the substance itself sounds with it. You

ausgespannt sind. Die elastischen Fasern des Holzes und die Luft im Kasten verstärken den für sich schwach hörbaren Ton der Saiten. Wie setzen sich nun die schallerregenden Schwingungen in Tonempfindungen um? — Helmholtz ist zu dem Resultate gekommen, daß das Empfinden verschieden hoher Töne nicht auf verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern, sondern auf der Erregung verschiedener Fasern beruht, und zwar müssen wir eine kontinuierliche Reihe von einer sehr großen Anzahl von Nervenfasern annehmen, die uns alle die Empfindung von verschieden hohen Tönen zubringen, angefangen von den tiefsten, die beiläufig 40 Schwingungen in der Sekunde haben, bis zu den höchsten Tönen, die wir hören, und die beiläufig 60 000 Schwingungen in der Sekunde machen. Welche Teile sind es nun in unserem Ohre, die in Mitschwingungen versetzt werden und die Nerven erregen? — Im Labyrinth, dem innersten Abschnitte des Ohres, verzweigt sich der Hörnerv, seine einfachen Endigungen sind in der Schnecke mit einer Reihe von schwingungsfähigen Fasern, den Cortischen Fasern, verbunden. Helmholtz nimmt an, daß es die in der Schnecke verlaufende Basillarmembran sei, die eine radiäre Faserung zeigt, einem System nebeneinanderliegender Saiten vergleichbar, deren einzelne Zonen je nach ihrer Länge und Spannung in Mitschwingung versetzt werden; dadurch werden die unmittelbar darauffliegenden Teile, in denen die Nerven endigen, erregt. Worin ist nun der Unterschied zwischen musikalischen und nichtmusikalischen Menschen begründet? — Die musikalischen sind gewöhnt, den Bewegungen des Grundtons zu folgen und diese ihrem Gedächtnisse einzuprägen. Die nichtmusikalischen lenken ihre Aufmerksamkeit vornehmlich auf die Klangfarbe, so daß ein Ton von anderer Klangfarbe für sie etwas Neues ist, mag er auch mit dem ersten am gleichen Orte der Tonleiter stehen. Damit dürfte auch die eigentümliche Erscheinung zusammenhängen, daß z. B. Sänger oder Sängerinnen, die sehr musikalisch sind, große Schwierigkeiten bewältigen müssen, wenn sie zum Schauspiel übergreifen wollen, da sie ihre psychischen Prozesse, mit welchen sie bisher die Töne aufgefaßt haben, gänzlich umändern müssen, um nicht mehr den Bewegungen des Grundtons, sondern den Veränderungen in der Klangfarbe, dem Timbre, folgen zu können. Ausgezeichnete Schauspieler, welche für Veränderungen in der Klangfarbe der Stimme die feinste Empfindung haben, sind oft gänzlich unmusikalisch. Aus dem Gesagten erhellt, daß die richtige Auffassung und Verarbeitung akustischer Vorgänge im Gehirn sich abspielt, wo durch zweckentsprechende Übung Verbindungen zwischen

hear the tones of strings only then strongly, if the latter are stretched over a sounding-board made out of wood. The elastic fibres of the wood and the air in the case render the tone of the strings, hardly audible in itself, stronger. How now do the sound producing vibrations change into tone feelings? Helmholtz has come to the result, that the feeling of higher tones, differing in their height, rests not on different circumstances of agitation of one and the same sort of nerve-fibres, but on the agitation of different nerves, and indeed, we have to suppose a very great number of nerve-fibres, which all convey to us the feeling for different higher tones, beginning from the deepest, which have about 40 vibrations in the second, to the highest tones we can hear and which have about 60 000 vibrations in the second. What parts of our ear now are made to vibrate in sympathy and to excite the nerves? In the labyrinth, the inmost section of the ear, the acoustic nerve branches off; its simple terminations are combined in the snail with a suite of fibres (the Corti fibres) capable of vibrating. Helmholtz supposes that it is the basilar membrane expiring in the snail, which shows radiatory . . . fibres, to be compared with a system of strings lying next to each other, whose single zones in proportion to their length and tension are made to vibrate in sympathy; thereby the parts where the nerves finish, immediately adjacent, are excited. Where is now the difference between musical and non-musical persons? The musical persons are used to follow the movements of the keynote and to impress them on their memory. The non-musical persons turn their attention principally to the colour of sounds, so that a tone of another colour of sound is quite something new to them, even if it stand with the first one at the same point of the scale. With that also the peculiar phenomenon might be connected, that, to give an example, male or female singers, who are very musical, must overcome great difficulties, if they want to pass over to the drama, as they have to change entirely their psychical operations, with which they have so far received the tones and to follow the changes in the colour of sounds (the timbre) and no more the movements of the keynote. Excellent actors, who have the finest feeling for changes in the colour of sounds of the voice, are frequently quite unmusical. What has been said so far shows that the correct apprehension and application of acoustic proceedings occur in the brain, where combinations are established through suitable exercises between channels which put the proceedings brought from the hearing fibres into the centre, into a suitable associative connection and thus esta-

Rahmen hergestellt werden, welche die von den Gehörfasern ins Zentrum geleiteten Vorgänge in einen zweckdienlichen assoziativen Konnex setzen und so das Gehör, wie man sich gemeinhin ausdrückt, nach einer bestimmten Richtung ausbilden und vervollkommen. Nun kann es geschehen, daß durch Mangel an Aufmerksamkeit die ins Gehirn geleiteten Gehöreindrücke, zu einem Klange zusammengefaßt, perzipiert werden, ohne daß Details, welche für die musikalische Auffassung von Bedeutung sind, zur Wahrnehmung gelangen. —

Die hier empfohlenen Beispiele behufs Verfeinerung des Gehörs und Beseitigung störender Mängel in der Reproduktion von Tönen sollen langsam und mit besonderer Aufmerksamkeit geübt werden. Indem auf die richtige Wiedergabe der charakteristischen Töne, durch welche die Akkorde ihr wahres Gepräge erhalten, besonders Gewicht gelegt wird, werden Erinnerungsbilder im Gedächtnis hinterlegt, welche bei jeder sich ergebenden Gelegenheit leicht reproduziert werden können. Besonders die Erhöhungen und Erniedrigungen von Tönen wie *cis* oder *ces*, *gis* oder *ges*, *dis* oder *des* usw., müssen in diesen Übungen mit großer Sorgfalt auf ihre Reinheit geprüft werden, damit die in diesen Übungen ausgedrückten Klangbilder in tadelloser Reinheit vom Hörzentrum perzipiert und fixiert werden. Jedes Beispiel ist 15–20 mal zu wiederholen. Die Fixierung sowohl als die Reproduktion werden durch assoziative Vorgänge herbeigeführt, bei welchen sowohl die Sinnes-, als auch die Assoziations- und motorischen Zentren beteiligt sind. Es ist uns bekannt, daß das Gedächtnis organisch gegliedert ist, indem die Erinnerungsbilder in feste Beziehungen zueinander treten. Auch über die Art, wie Erinnerungsbilder reproduziert werden — ein Klangbild ruft ein Gesichtsbild, und umgekehrt, hervor, Kontrastwirkung, usw., — sind wir im klaren. Versuchen wir nun an einigen der gewählten Beispiele das Gesagte zu illustrieren. Übung 1 zeigt eine charakteristische Fingerbewegung, indem *a* und *c* auf der vierten Saite an normaler Stelle liegen, während *es* und *ges* auf der III. Saite sich etwas gegen den Sattel hin im Tastbild verschieben. Hier vereinigen sich Gesichtsbild (Notenbild), Tast- und Gehörbild zu einem Komplex, dessen Resultat die Vorstellung des verminderten Septimenakkordes ist. In der zweiten Übung strebt der zweite Finger auf der III. Saite (*fa*) steilwärts, während er auf der II. Saite (*c*) an die normale Stelle zurückgeschoben werden muß. In der zehnten Übung ist die Fingerverschiebung infolge Erhöhung und Erniedrigung der einzelnen Noten noch mannigfaltiger, indem erster Finger (*e*, *b*,) zweiter ^{IV II} (*b*, *cis*) und dritter ^{IV III II} (*cis*, *g*, *des*) betroffen werden. Im

blish the "ear", as it is commonly called, and bring it to perfection. Now it can happen, that through want of attention the impressions of hearing brought to the brain, welded together to a sound, are perceived, without details, of importance for the musical perception, being observed.

The examples recommended here in behalf of cultivation of the hearing and removal of disturbing deficiencies in the reproduction of tones, ought to be practised with special care. While to the correct reproduction of the characteristic tones, whereby the chords get their real character, especial importance is attached, mind pictures are put in our memory, which can be reproduced easily on every given occasion. Especially the raisings and lowerings of tones, as *c sharp* or *c flat*, *g sharp* or *g flat*, *d sharp* or *d flat* etc. must be examined in these exercises with great care regarding their purity so that the tone pictures expressed in these exercises are perceived and fixed in faultless purity by the centre of hearing. Each example has to be repeated 15 to 20 times. The fixing, as well as the reproduction, are brought on by associative process, whereby the centres of the senses, as well as the centres of association and motoric centres participate. We know that the memory is organically membered, as the pictures of memory are in firm relation to each other. We see also clearly regarding the way, in which pictures of memory are reproduced — a picture of tones calls forth a picture of face and vice versa (contrary effect etc.). We will try now to illustrate what was said by means of some of the chosen examples. Exercise No. 1 shows a characteristic movement of the fingers, as *a* and *c* lie on the fourth string in normal condition while *e flat* and *g flat* on the third string are displaced a little towards the saddle. Here the pictures of sight (notes), touch and hearing combine to one complex, whose result is the perception of the diminished seventh chord. In the second exercise the 2nd finger on the III^d string (*f sharp*) is directed towards the bridge, while it must be pushed back on the 2nd string (*c*) to the normal position. In the 10th exercise the dislocation of fingers in consequence of elevation and depression of the single notes is still more manifold, as first finger (*e*, *b flat*), second ^{IV II} (*b flat*, *c sharp*) and the third ^{IV III II} (*c sharp*, *g*, *d flat*) are concerned. In the 15th example all 4 fingers appear to be concerned: 1 *c sharp* towards the bridge, *g* (normal position) pushed back; 2nd *d* normal, *a flat* pushed towards the saddle; 3^d *e* normal, *b flat* pushed towards the saddle; 4th *f* normal, *c flat* pushed towards the saddle. If the single tones in the given examples are examined

16. Beispiel erscheinen alle vier Finger beteiligt: erster *eis*, stetigwärts, *g* (normale Stelle) zurückgeschoben; zweiter *d* normal, *as* sattelwärts geschoben; dritter *e* normal, *b* sattelwärts geschoben; vierter *f* normal, *ces* sattelwärts geschoben.

Werden in den gegebenen Beispielen die einzelnen Töne genau auf ihre Reinheit geprüft (Analyse des Akkords), dann, zu einem klaren Klangbild vereinigt, dem Zentrum vermittelt, so wird durch diesen Vorgang, wenn er sich häufig wiederholt, ein Komplex von Klang-, Gesichts- und Tastbildern im Gedächtnis hinterlegt, der als wertvoller Faktor, sowohl beim Studium neuer Musikstücke, als auch bei Reproduktion derselben, korrigierend eingreift und die Reinheit im Greifen sichert. Die Reproduktion geht in der Weise vor sich, daß z. B. eine Gesichtswahrnehmung (Notenbild) durch assoziative Verknüpfung mit einem Erinnerungsbild (Klangbild) vermittelt Assoziationsbahnen auf das motorische Zentrum übertragen wird und von hier aus die zu den zweckentsprechenden Fingerbewegungen nötigen Impulse in die Muskeln geschickt werden. Den charakteristischen Intonationsübungen schließen sich vorteilhaft die auf Seite 15 gebrachten Beispiele an, welche bei vorsichtigem Studium durch volle Sicherstellung der Reinheit in der Intonation nicht nur letztere, sondern auch die Treffsicherheit auf allen Saiten und in allen Lagen wesentlich fördern. Wird z. B. die erste Übung — IV. Saite — vorgenommen, so wird vorerst sehr langsam mit Heranziehung der III. und II. Saite die Reinheit im Greifen sichergestellt und dann erst die ganze Übung auf der *G*-Saite studiert. Ähnlich verfährt man mit den Beispielen auf der III. und II. Saite. Wo dieses Hilfsmittel nicht möglich ist, wie z. B. bei der Übung auf der I. Saite, wird die tiefere oder zweimal tiefere Oktave zu Hilfe genommen.

Pizzicato.

Da es sich hier um eine ganz spezifische Technik handelt, wurden zu allererst Beispiele gewählt, die geeignet sind, als Training für diese speziellen Fingerbewegungen und das Aufbringen der hierfür erforderlichen Kraft zu dienen. Beim Pizzicato handelt es sich um Bewegungen in zwei Richtungen: 1. kräftige Beugung, 2. Erfassen und Anreißen der Saiten, also Bewegung von links nach rechts (gegen die *E*-Saite hin). Jede spezielle Fingertechnik erfordert auch ein spezielles Studium; aus diesem Grunde wurde mit Beispielen begonnen, welche die für das Pizzicato spezifische Fingertechnik bis zur höchstmöglichen Fertigkeit fördern können. Bezüglich der Ausführung wäre zu erwähnen, daß die der Anmerkung pizzicato folgenden Zahlen diejenigen Finger

thoroughly as to their purity (analysis of the chord), then united to a clear picture of tones, allied to the centre, then a complex of pictures of sound, sight and touch will be deposited in the memory through this proceeding, if frequently repeated, which will react as a valuable corrective factor both while studying new musical pieces as well as when reproducing the same and ensures the purity in touching. The reproduction happens in this way, that, to give an example, an observation of vision (picture of notes) will be transported to the motoric center through associative connection with a mind picture (picture of tone) through associative channels and from here the impulses necessary for the suitable movements of fingers will be sent to the muscles. To the characteristic exercises of intonation the examples given on page 15 are advantageously annexed, which advance by careful studying, through fully securing the purity in the intonation, not only the latter, but also the security of touch on all strings and in all positions. If, to give an example, the first exercise — IV. page — be practised, first the purity of touch must be slowly secured by using the III. and II. string and then only the whole exercise may be studied on the *g* string. The examples on the III. and II. page are to be handled quite similarly. Where this resource is not possible (as, to give an example, in the exercise on the first page) the lower or double lower octave will be taken as aid.

Pizzicato.

As it is here the question of quite specific technique, examples have first been chosen, which are qualified to serve as training for these special movements of fingers and the raising of the force necessary for it. With Pizzicato it is question of movements in two directions: 1. vigorous bending, 2. catching and plucking of the strings, that is movements from the left to the right (towards the *E*-string). Every special finger technique requires also special studying; therefore we have begun with examples, which can advance the specific technique of fingers for the Pizzicato to the highest possible degree. In reference to the execution, it should be mentioned, that the numbers following the remark pizz. denote the fingers, which pluck the strings, the other numbers

angeben, welche die Saiten anreißen, die anderen Zahlen geben die Finger an, welche greifen. Die römischen Zahlen I, II, III, IV deuten die Saiten an. Während der Ausführung des Pizzicato werden die ganzen und halben Noten mit ruhigem Bogen gehalten. Vom zweiten Beispiel ab wird das Pizzicato durch ein Kreuz über der Note angedeutet. Die über den Kreuzen stehenden Zahlen geben jene Finger an, welche die Saiten anreißen, die anderen Zahlen geben die Finger an, welche die Saiten greifen. Die Noten ohne Kreuz werden gestrichen. Beispiel 4 zeigt uns das Studium des Pizzicatotrillers in Achtel, Triolen und Sechzehntel (also immer schneller), wo der Bogen ganz außer Funktion tritt.

Intervalle.

Bei Bearbeitung und Anordnung derselben konnte nur ein einer Meisterschule entsprechendes System, das von dem einer Elementarschule wesentlich abweicht, berücksichtigt werden. Ausgesprochene Skalenstudien, wie sie z. B. in mustergültiger Weise von Hans Wessely in seinem Skalenbuch „comprehensive Scala manuel“ (Verlag Augener in London, Regent Street) bearbeitet sind und zur Vorbereitung wärmstens empfohlen werden können, konnten darum keinen Platz hier finden. Das mehrstimmige Spiel, eine der wichtigsten und schwierigsten Disziplinen des Violinspiels, erfordert bezüglich Intonation und Treffsicherheit ein vorsichtiges, langsames, nicht überhastetes Studium. Ich will nur kurz darauf hinweisen, wie sehr die Fingerstellung betreffs Distanz bei reinen, großen, kleinen, verminderten und übermäßigen Intervallen wechselt und wie wertlos ein sorgloses, ohne Kommentar betriebenes Studium sein muß.

Beispiel 1 bringt große und kleine Terzen, die derart zu üben sind, daß jede Sextole (oder jeder Takt) für sich so lange studiert wird, bis sie vollkommen rein klingt und es gelingt, dieselbe zweimal langsam und zweimal rasch hintereinander richtig zu spielen. Nachher wird das ganze Beispiel zuerst langsam, dann etwas schneller geübt und mehrmals wiederholt. In gleicher Weise sind die anderen Beispiele (Sexten, Mischung von Terzen und Sexten, Dezimen, usw.) zu studieren, wobei der angegebene Fingersatz auf die am meisten fördernde Art der Ausführung hinweist. Die römischen Zahlen deuten die Saiten an. Noch wäre zu erwähnen, daß die Ausführung der Intervalle in sehr hohen Lagen sich dadurch wesentlich leichter gestaltet, daß dieselben eine Oktave tiefer aufgeschrieben und so lange geübt werden, bis man sie klanglich richtig erfaßt hat. Das Übertragen in die höhere Oktav fällt dann sehr leicht.

the fingers, which touch. The Roman numbers I, II, III, IV indicate the strings. During the execution of the Pizzicato the whole and half notes will be held with a quiet bow. Beginning from the 2nd example, the Pizzicato will be signified by a cross over the note. The figures standing over the crosses denote those fingers, which pluck the strings, the other numbers indicate the fingers, which touch the strings. The notes without cross will be played with the bow. Example No. 4 shows us the studying of the Pizzicato trill in quavers, triplets, and semi-quavers (thus always quicker), when the function of the bow is entirely left out.

Intervals.

In applying and ordering these only a system suitable for a masterschool, deviating essentially from a primary school could be considered. Express studies of scales (as) employed, to give an example, in a standard way by Hans Wessely in his scalebook, comprehensive scale manual (publisher Augener in London Regent Street 1) and which can be recommended very much for preparation) could not find therefore any room here. The playing of several voices, one of the most urgent and most difficult exercises of violin-playing, requires, in respect to intonation and safety of touch, a careful, slow and not overhasty studying. We only want to mention shortly how much the position of fingers changes in regard to pure, big, small, diminished and exaggerated intervals and that a careless study without commentary must be absolutely without any value.

Example No. 1 brings big and small thirds, which must be practised in such a way, that each sextole (or each beat) must be studied so long for itself, until it sounds absolutely pure and you are able to play the same twice slowly and twice quickly, following each other quite correctly. Afterwards the whole example must be practised and several times repeated first slowly and then a little quicker. In the same way the other examples (sixth, mixture of thirds and sixth, decimes etc.) must be studied, whereby the given fingering points to the most profitable way of execution. The Roman numbers indicate the strings. Then it must be mentioned, that the execution of intervals is much easier in very high positions since they are set one octave lower and must be practised so long, until they are understood correctly respecting the time. The transferring to the higher octave is then a very easy matter.

Hier ein Beispiel:

Here is an example:



Dieses ist der Terzenübung Nr. 8 von der zweiten Hälfte des zweiten Taktes ab bis zu Ende des nächsten Taktes entnommen. Beispiel 15 soll derart studiert werden, daß vorerst sämtliche Noten abgestoßen werden, dann die halbe Sextole gebunden, die zweite Hälfte abgestoßen und schließlich die ganze Sextole gebunden wird.

This is exercise in thirds No. 8 taken from the second half of the second measure till the end of the next measure. Example No. 15 ought to be studied in such a way, that first all the notes are performed in a short distinct style and finally the whole sextole will be bound.

Oktaven.

Octaves.

Beispiel 1 bringt die Oktavenskalen in sämtlichen Tonarten, die vorerst mit dem leichten Fingersatz 1, 4, langsam mit besonderer Beachtung der Reinheit in Achteln abgestoßen und dann, der halbe Takt gebunden, zu üben sind. Bei erlangter Sicherheit wird der ganze Takt gebunden (erst in Achtel und dann in Sechzehntel). Hat man sich jedes Beispiel gründlich eingeprägt, so übergeht man zum Studium mit dem angegebenen schwierigen Fingersatz, was ein besonders sorgfältiges und langsames Üben erfordert, wobei in gleicher Weise wie oben verfahren wird. Übung Nr. 2 soll Takt für Takt zuerst mit dem leichten Fingersatz: 1, 4 und dann mit dem angegebenen schwierigen Fingersatz in gleicher Art studiert werden.

Example 1 gives the scales of octaves in all keys, which must first, divided into quavers with the light fingering 1, 4, be practised slowly with especial taking care to the purity and afterwards with bound, over half measure. When security is acquired the whole measure will be bound (first in quavers and then in semi-quavers). If each example has been thoroughly, grasped, pass over to the study of the indicated difficult fingering; this requires a particularly careful and slow practising, whereby one must act in the same way as above.

Übung Nr. 3, welche die zweite Kreutzer-Etüde in Oktaven darstellt, soll zuerst mit dem leichten Fingersatz: 1, 4 langsam, jede Note als Viertel betrachtet, mit dem ganzen Bogen im energischen Auf- und Abstrich geübt werden. Nachher wird mit dem leichten Fingersatz jede Note als Achtel gespielt, also im rascheren Tempo, wodurch eine große Fertigkeit in Oktavensprüngen über die Saiten erlangt wird. Schließlich übergeht man zum vorgeschriebenen schwierigen Fingersatz, der erst langsam und dann immer schneller geübt wird. Die Übungen 5 und 6, welche chromatische Oktavengänge darstellen, werden zuerst langsam mit dem leichten Fingersatz: 1, 4, dann ebenso mit dem schwierigen (angegebenen) geübt, worauf in beiden Fällen zu einem schnelleren Tempo übergegangen wird. Beispiel 4 stellt die Kreutzer-Etüde in gebrochenen Oktaven dar, die mit dem angegebenen Fingersatz: 1, 4 in gleicher Art mit freiem Handgelenk zu üben ist.

Exercise No. 2 ought to be studied measure for measure, first with the easy fingering 1, 4, and then with the indicated difficult fingering in the same way. Exercise No. 3, which represents the second Kreutzer-etude in octaves, ought to be practised first with the easy fingering 1, 4, slowly, each note to be taken as $\frac{1}{4}$, with the entire bow stroking up and downwards energetically. Afterwards each note will be played as $\frac{1}{8}$ with easy fingering, so in quicker time, whereby great skill in practising octaves over the strings will be acquired. Finally one passes over to the prescribed difficult fingering, which must be practised firstly slowly and then always quicker and quicker. The exercises 5 and 6, which represent chromatic passages of octaves, will be practised first slowly with the easy fingering 1, 4, then the same way with the difficult fingering (indicated); afterwards pass over in both cases to a quicker time. Example 4 represents the Kreutzer-etude in broken octaves and has to be practised with the indicated fingering 1, 4, in the same way with a free wrist.

Die sich anschließenden chromatischen Dezimen, welche in gleicher Art wie die vorigen Beispiele zu studieren sind, zeigen zu den folgenden diatonischen Dezimen gewisse klangliche Beziehungen, wodurch die ersteren in ihrer Eigenart um so prägnanter hervortreten.

The adjoined chromatic tenths, which have to be studied in the same way as the previous examples, show certain relations of tone to the following diatonic tenths, whereby the first stand forward more markedly in their peculiarity.

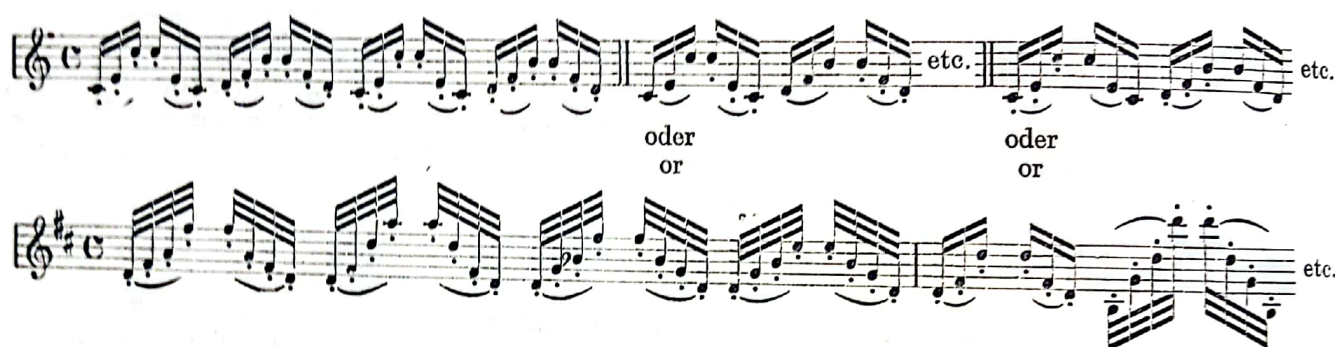
The study of chromatic thirds and sixths requires a special care regarding delicacy of the intonation.

Das Studium der chromatischen Terzen und Sexten erfordert bezüglich Reinheit der Intonation eine besondere Sorgfalt. Hier würde sich das bei den diatonischen Terzen und Sexten angegebene Verfahren empfehlen.

Akkorde (Tripel- und Quadrupelgriffe) sind in fünf Beispielen gebracht und sollen vorerst langsam mit energischem Auf- und Abstrich über die Saiten geübt werden. Nach erlangter Sicherheit und Reinheit sollen sie als Achtel — also schneller — gespielt werden. Schließlich können Tripel- und Quadrupelgriffe als Arpeggien mit springendem Bogen im Auf- und Abstrich oder gebunden im Ab- und springend im Aufstrich oder umgekehrt geübt werden, z. B.:

Here the proceeding indicated for the diatonic thirds and sixths could be recommended.

Chords (three- and fourfold finger placing) are given in five examples and ought to be practised firstly slowly, bowing up and downwards energetically over the chords. After acquired security and purity they ought to be played as eighths, that means quicker. Finally Triple and Quadruple-fingering can be practised, as arpeggios with springing bow in bowing up and downwards, or bound in the down stroke and springing in bowing up, and vice versa. To give an example:—



Tägliche Übungen.

DAILY EXERCISES.

1.

2.

a)

b)

c)

d)

3.

III

odor: 1. und 4. Finger bleiben liegen.

2. 1. Finger bleibt liegen - 0. 2.

10. 1. Finger bleibt liegen.

11. Finger bleibt.

N. & W. 198

Trillerübungen.
TRILL STUDIES.

3

This musical score consists of ten staves of music, primarily in treble clef with a key signature of three sharps (F#, C#, G#). The first six staves feature single melodic lines with various trill exercises, including eighth and sixteenth notes, and are marked with fingerings (1-4) and breath marks (||). The seventh staff introduces a new section with a key signature change to two sharps (F#, C#) and includes first, second, and third endings. The eighth and ninth staves continue with more complex trill exercises, some involving double trills. The final staff concludes the piece with a series of trills. The notation includes numerous slurs, ties, and dynamic markings.

III
IV

4. II 2 3 2 3 2 3 2 3 5. III 1 2 1 2 1 2 1 2 1

6. II 4 III 1 3 2 3 2 3 2 3 2 7. II 1 III 3 2 3 2 3 2 3 2

8. II 4 III 3 2 3 2 3 2

Stricharten. Erstes Beispiel.
BOW EXERCISES. FIRST EXAMPLE.

1. 4 etc.

2. 3 etc.

3. 4 etc.

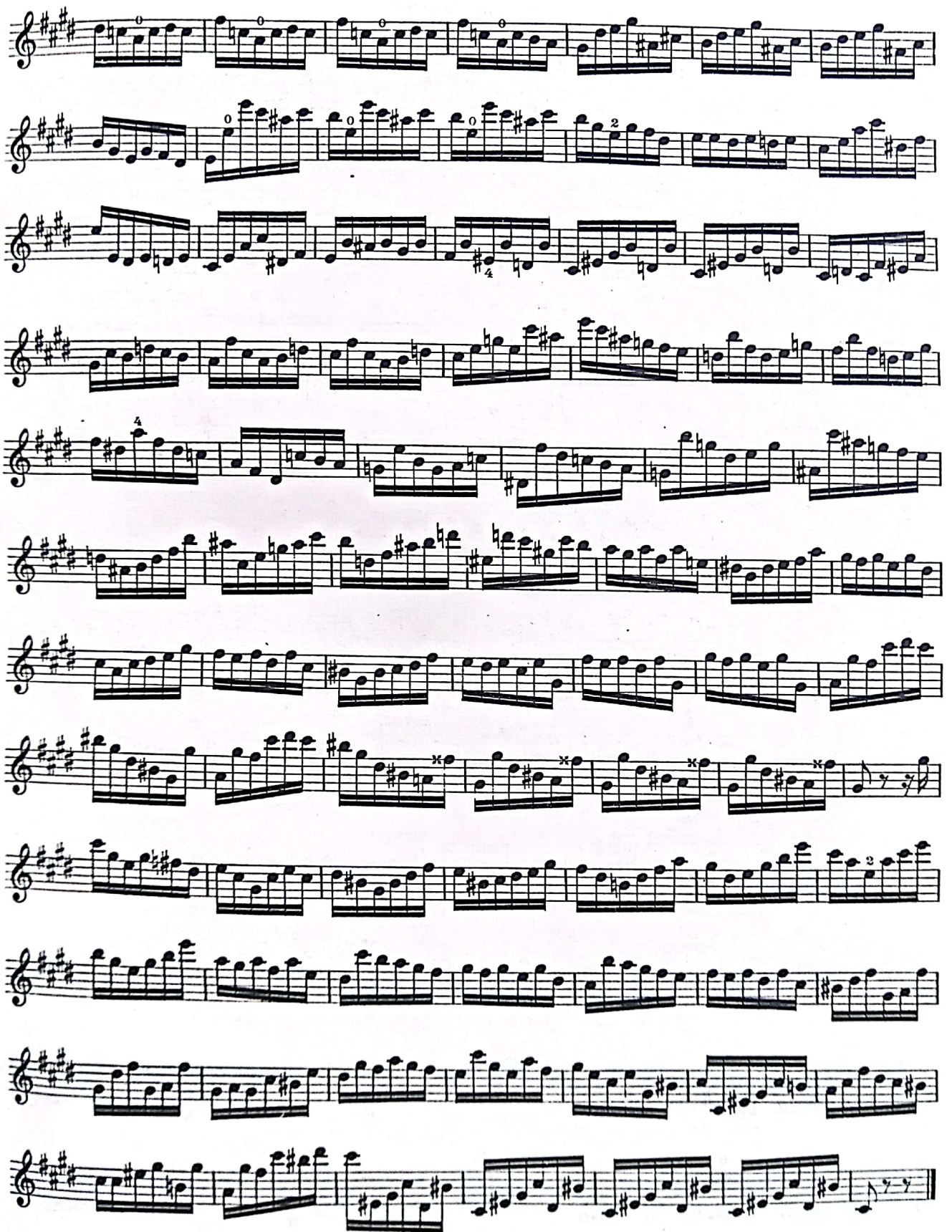
Springender Bogen, dann fest abstoßen. *With a light bow.*

4. etc.

Diese Übung wird in der 3. Lage gespielt. *This exercise is to be played in the 3rd position.*

Allegretto. (♩ = 96)

Rode No. 10.



Zweites Beispiel.
SECOND EXAMPLE.

1.

2.

3. mit dem ganzen Bogen—with the entire bow

4.

Moderato.

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

Drittes Beispiel.
THIRD EXAMPLE.

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

Moderato assai. (♩=100.) Rode No. 8













Handwritten musical score on ten staves. The notation includes treble clefs, a key signature of two sharps (F# and C#), and various musical symbols such as notes, rests, and accidentals. The score is written in a fluid, handwritten style. The first two staves have a '1' written below the first measure. The third staff has a 'III' written above the first measure. The fourth staff has a '4' written above the first measure. The fifth staff has a '4' written below the first measure. The sixth staff has a '4' written below the first measure. The seventh staff has a '4' written below the first measure. The eighth staff has a '4' written below the first measure. The ninth staff has a '4' written below the first measure. The tenth staff has a '4' written below the first measure. The score ends with a double bar line on the tenth staff.

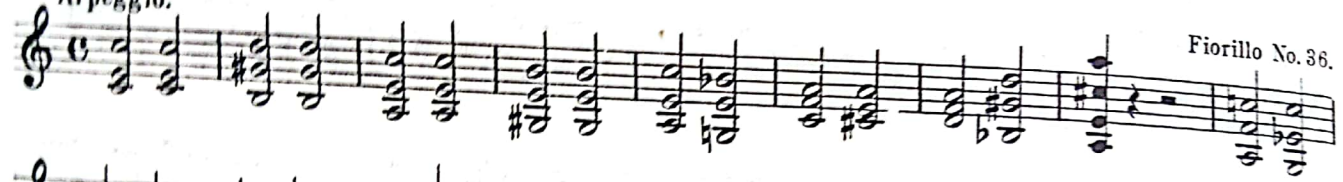
N. & W. 188

Viertes Beispiel.
FOURTH EXAMPLE.

1.  etc.

2.  etc.

3.  etc.

Arpeggio.  Fiorillo No. 36.



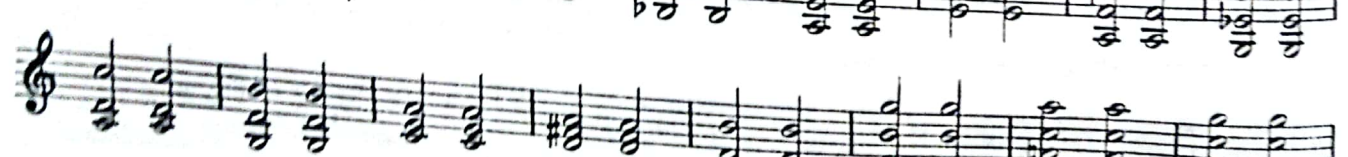
Fünftes Beispiel.
FIFTH EXAMPLE.

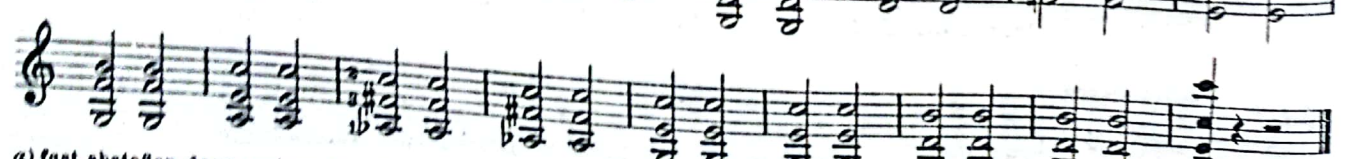
1.  etc.

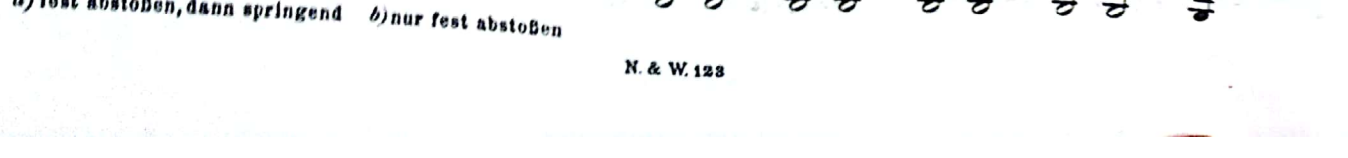
2.  etc.

Arpeggio.  Arpeggion.









a) fest abstoßen, dann springend b) nur fest abstoßen

Übung für die Tonbildung.
EXERCISE FOR TONE FORMATION.

Andante.

Ausführung. Execution.

Intonationsübungen.
INTONATION EXERCISES.

7. 8. 10. 11. 13. 15.

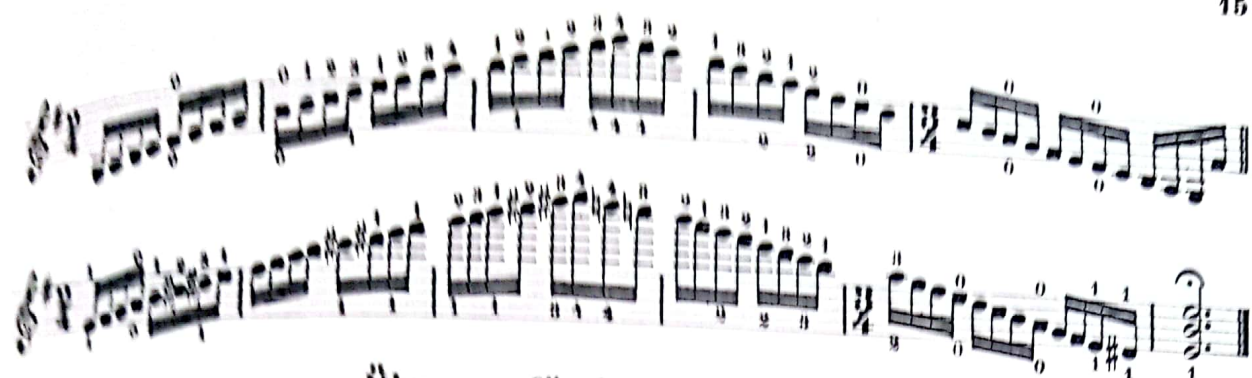
16. 17. 18. 19.

Übung für die gleichmäßige Bogenbewegung.
EXERCISE FOR EQUALIZING THE BOWACTION.

20. 21.

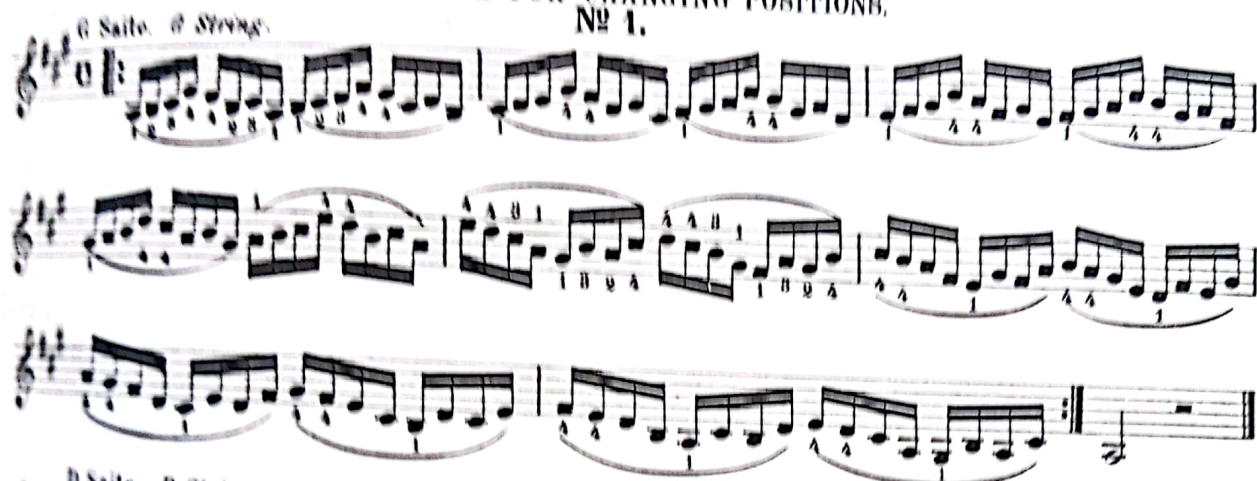
The image displays a page of musical notation, likely for guitar, consisting of ten staves. The notation is written in a style characteristic of early 20th-century sheet music. Each staff begins with a treble clef and a key signature of one flat (B-flat). The time signature is 3/4 for the first nine staves and 2/4 for the tenth. The music features complex rhythmic patterns, including sixteenth and thirty-second notes, and is heavily annotated with fingerings (numbers 1-4) and breath marks (v). The notation is arranged in a single system, with each staff representing a different voice or part of the composition. The overall layout is clean and professional, typical of a published musical score.

This image shows a page of musical notation for guitar, consisting of ten staves. The notation is written in a style typical of guitar sheet music, featuring treble clefs, key signatures (one sharp), and time signatures (2/4 and 3/4). The music is characterized by many beamed sixteenth and thirty-second notes, suggesting a fast, technical piece. Numerous fingerings (numbers 1-4) and accidentals (sharps, naturals) are present throughout the score. The notation is arranged in a single column, with each staff containing a line of music. The overall appearance is that of a page from a music book or manuscript.



Übungen für Lagenwechsel.
EXERCISE FOR CHANGING POSITIONS.
No 1.

G Saite. G String.



D Saite. D String.



A Saite. A String.



E Saite. *E String.*

Four staves of musical notation for the E String exercise. The key signature is three sharps (F#, C#, G#) and the time signature is common time (C). The notation features a series of ascending and descending eighth-note patterns, often grouped in pairs or fours, with fingerings indicated by numbers 1, 2, 3, and 4. The exercise concludes with a double bar line and a repeat sign.

№ 2.

Two sections of musical notation. The first section, labeled "G Saite. *G String.*", consists of four staves of eighth-note patterns with fingerings. The second section, labeled "D Saite. *D String.*", consists of two staves of eighth-note patterns with fingerings. Both sections are in the same key signature and time signature as the first exercise.

A Saito. A String₄

E Saito. E String₄

The musical score consists of two systems, each with four staves. The first system is for the A strings (A Saito. A String₄) and the second is for the E strings (E Saito. E String₄). Both systems feature a melodic line on the top staff and a complex, multi-measure arpeggiated accompaniment on the bottom three staves. The notation includes numerous slurs, ties, and fingerings (1, 3, 4) indicating specific playing techniques. The key signature has three sharps (F#, C#, G#) and the time signature is 2/4. The page number 17 is in the top right corner.

№ 3.

The image displays a musical score for a piano piece, consisting of four staves of music. The notation is written in a standard musical notation style, featuring notes, rests, and fingerings. Roman numerals (I, II, III, IV) are used throughout the score, likely indicating specific musical concepts or techniques. The score is presented in a clear, legible format, suitable for educational or performance purposes.

Pizzicato.

№ 1.

No. 1.

Guitar part (treble clef, key signature of one sharp):

- System 1: *pizz.* 4 4 4 1 2 1 2 1
- System 2: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 3: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 4: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 5: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2

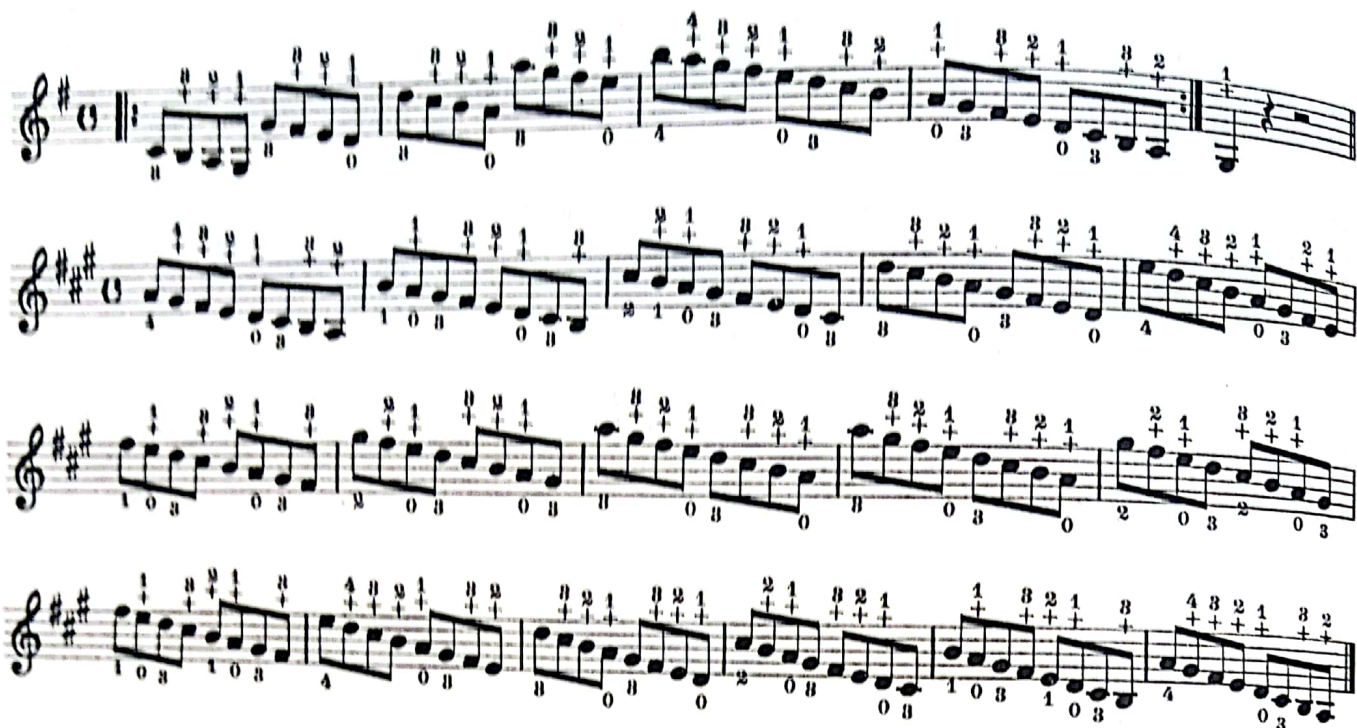
Piano part (bass clef):

- System 1: *pizz.* 4 4 4 1 2 1 2 1
- System 2: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 3: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 4: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2
- System 5: *pizz.* 4 4 4 2 4 2 4 2

№ 2.

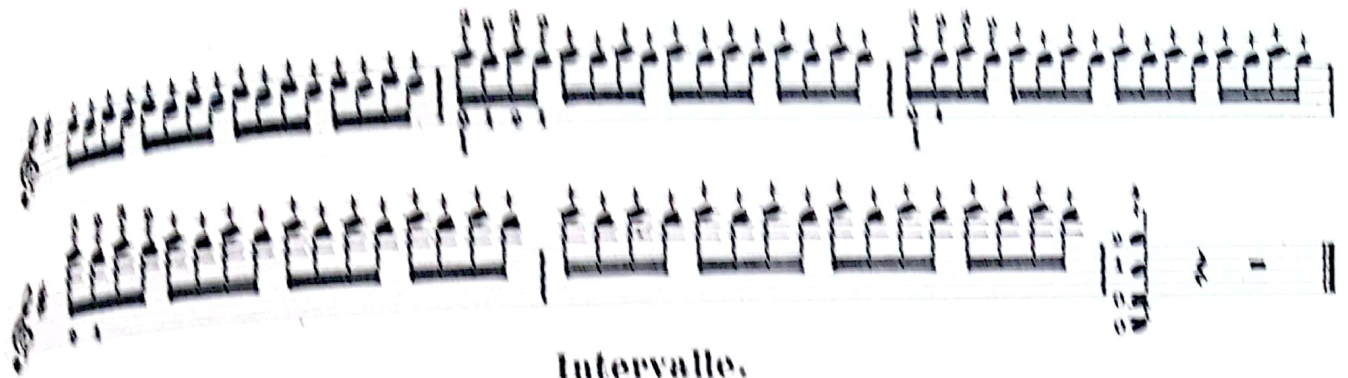
[illegible]

№ 3.



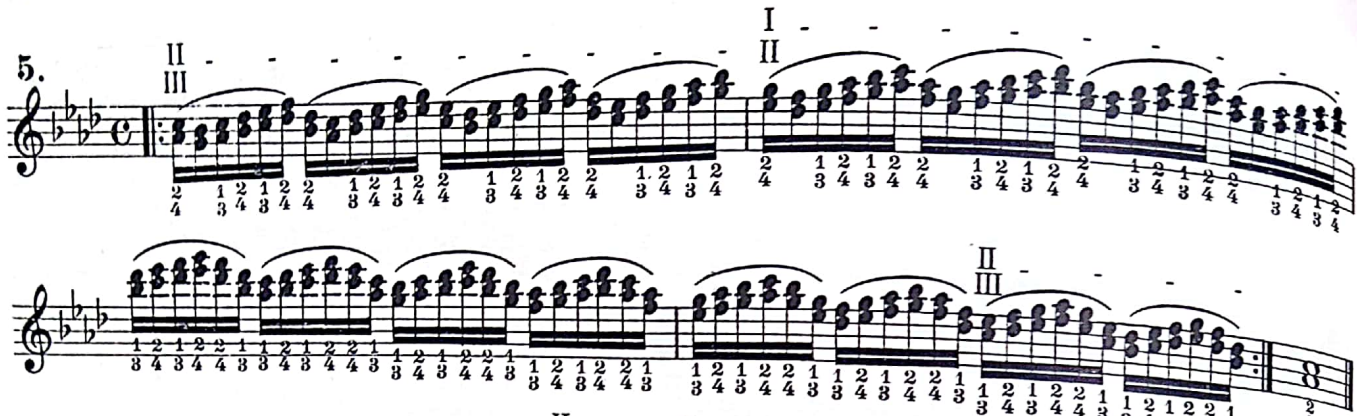
№ 4.



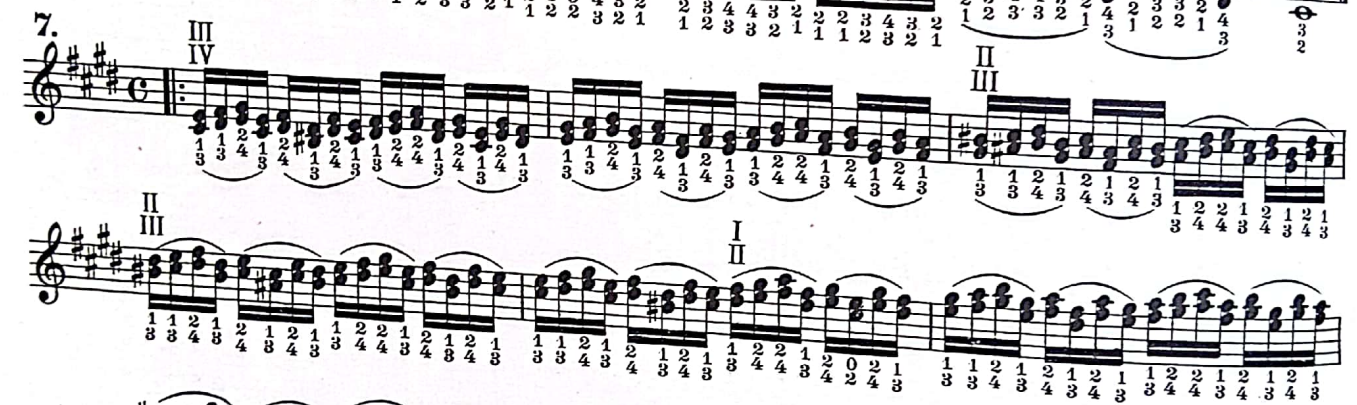


Intervalle.
INTERVALS

Langsam. Scherzo.

5.  II III I

6.  II III IV II III IV II I II III I II

7.  III IV II I

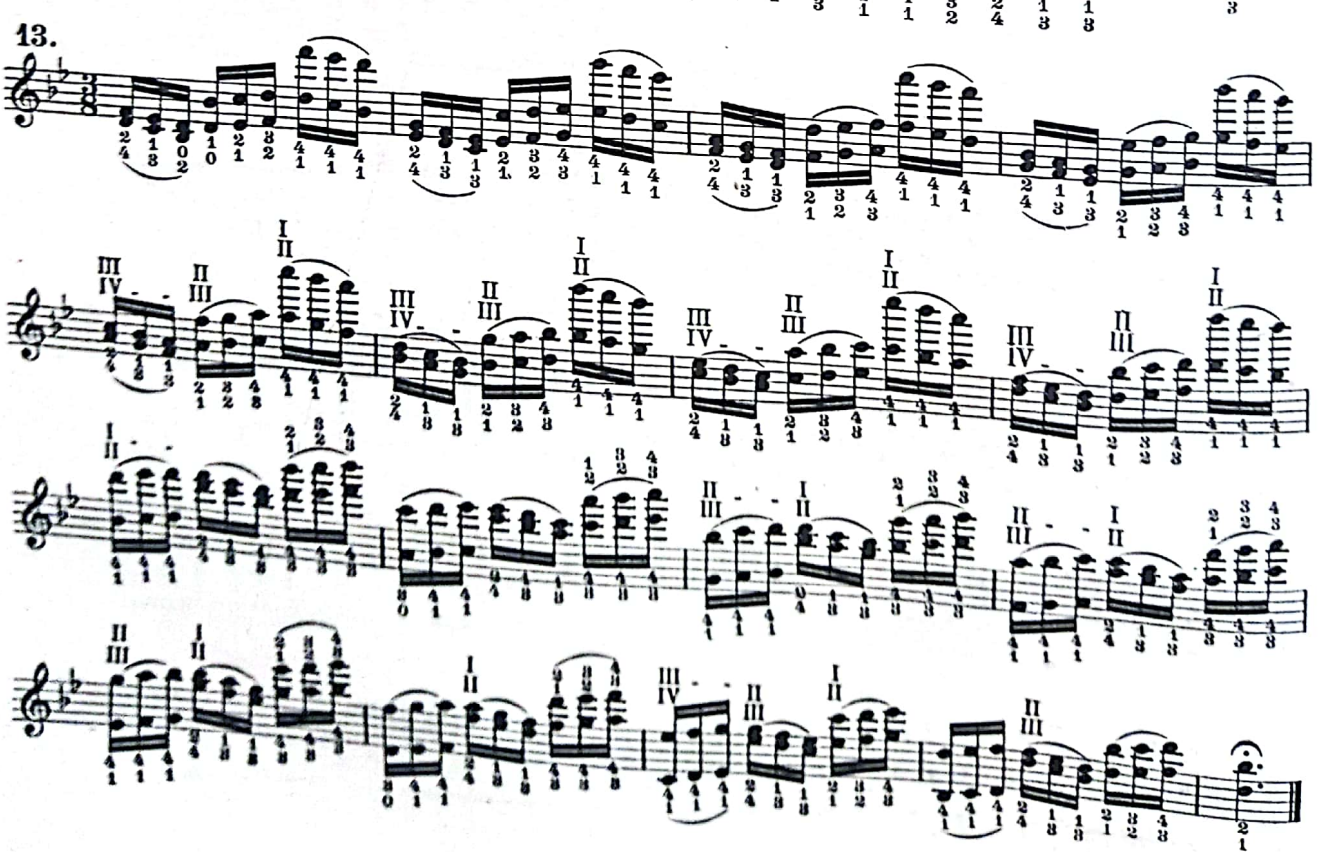
8.  II III I II

9.  II III IV

The musical score consists of ten staves of music. The first nine staves are in a 2/4 time signature and feature a key signature of one flat (B-flat). The notation is primarily composed of chords and arpeggios, with many notes beamed together. The first staff begins with a double bar line and a repeat sign. The second staff continues the sequence. The third staff ends with a double bar line and a repeat sign. The fourth staff begins with a '10.' marking. The fifth staff continues the sequence. The sixth staff continues the sequence. The seventh staff continues the sequence. The eighth staff continues the sequence. The ninth staff continues the sequence. The tenth staff begins with a '10.' marking and ends with a double bar line and a repeat sign.

11. 

12. 

13. 

14.

15.

* siehe Anhang.

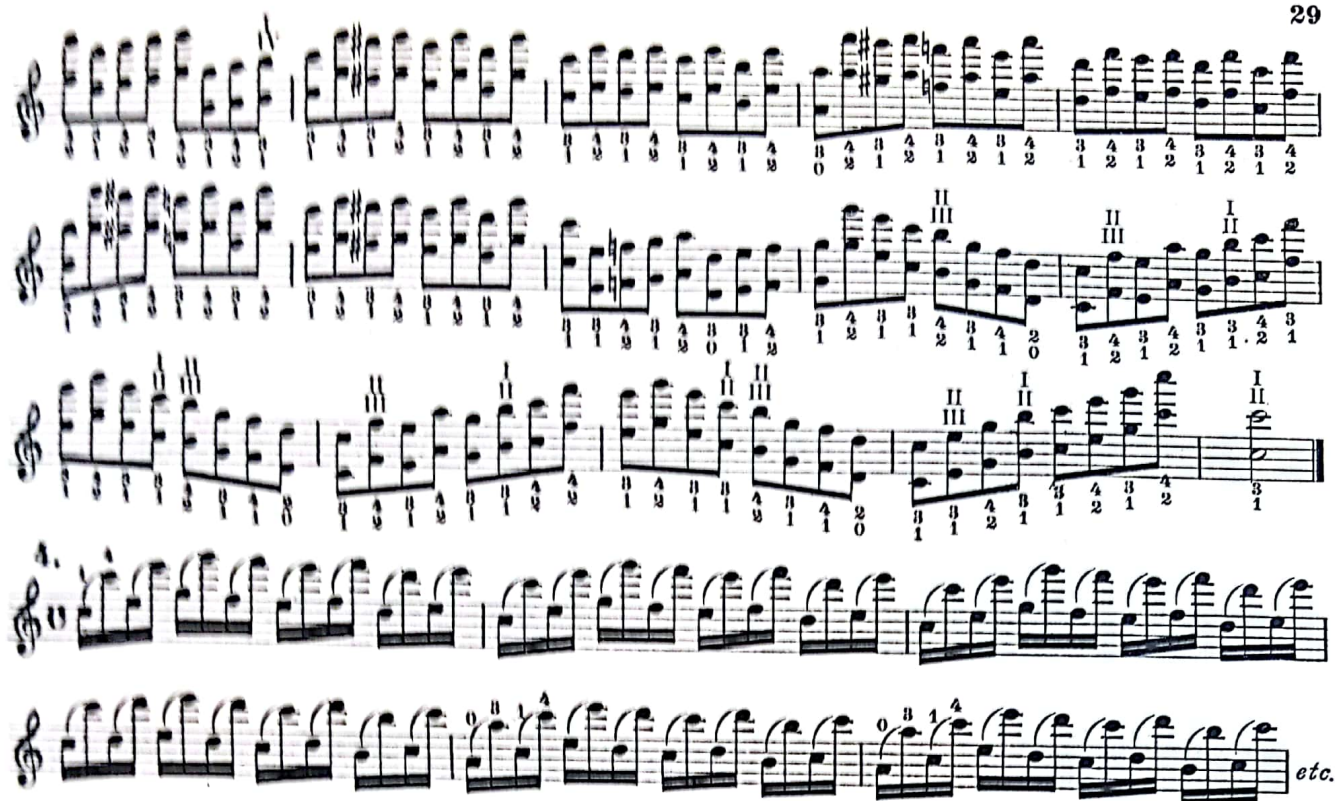
Oktaven. OCTAVES.

1.

This page contains ten systems of musical notation for guitar, each consisting of two staves. The notation is highly technical, featuring complex chords, arpeggios, and fingerings. Roman numerals (I, II, III, IV) are used throughout to indicate specific positions or techniques. The key signature is B-flat major (two flats). The notation is arranged in a vertical sequence, with each system building upon the previous one. The page is numbered 26 in the top left corner.

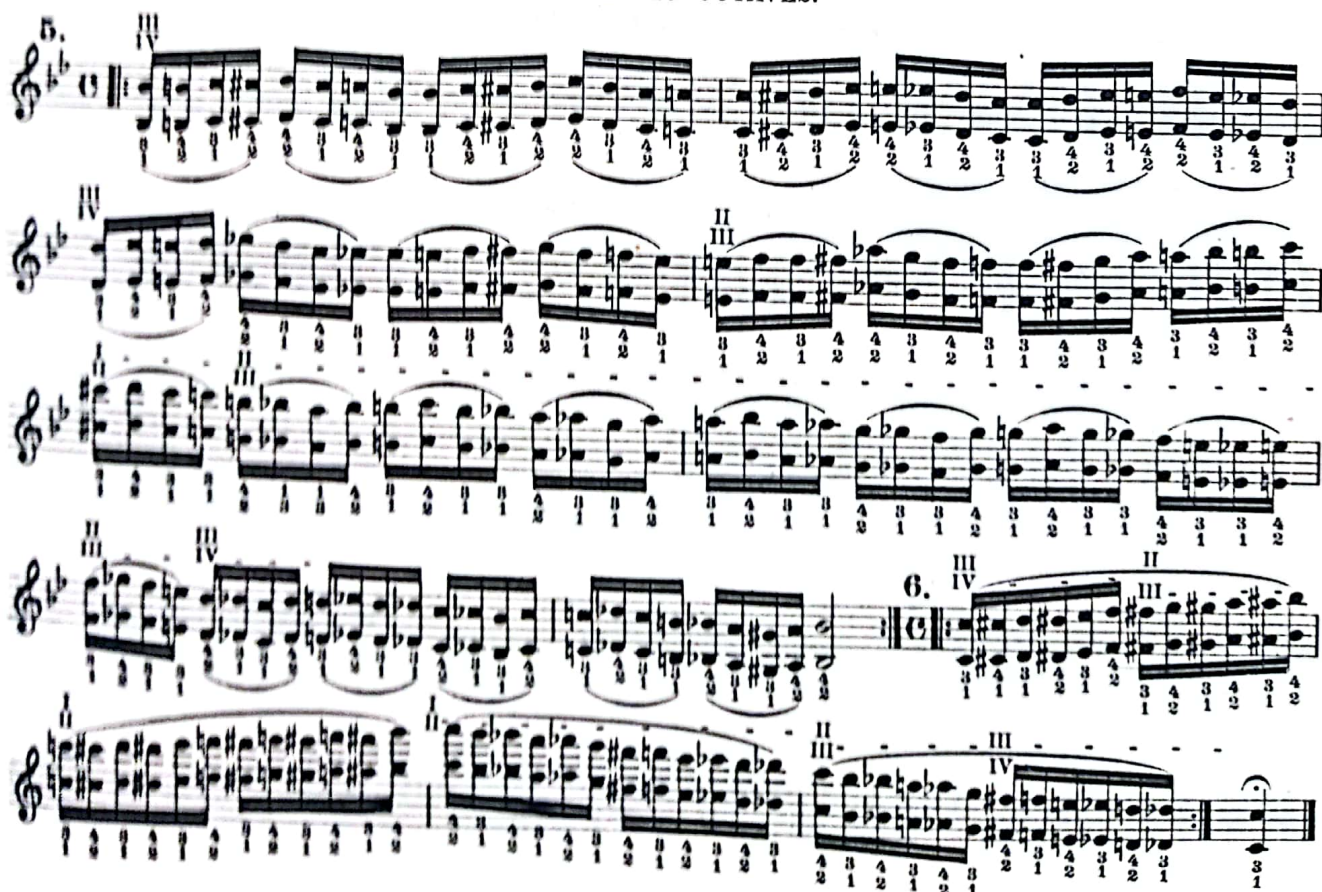
Handwritten musical score for piano, featuring six systems of two staves each. The music is in G major (one sharp) and 3/4 time. It includes various musical notations such as treble and bass clefs, a key signature of one sharp (F#), a 3/4 time signature, and a variety of note values including eighth, sixteenth, and thirty-second notes. Fingerings are indicated by numbers 1-4. Articulation marks like slurs and accents are present. Roman numerals I, II, III, and IV are placed above the staves to indicate harmonic structure. The piece concludes with a double bar line and repeat dots.

Kreutzer No. 2.



Chromatische Oktaven.

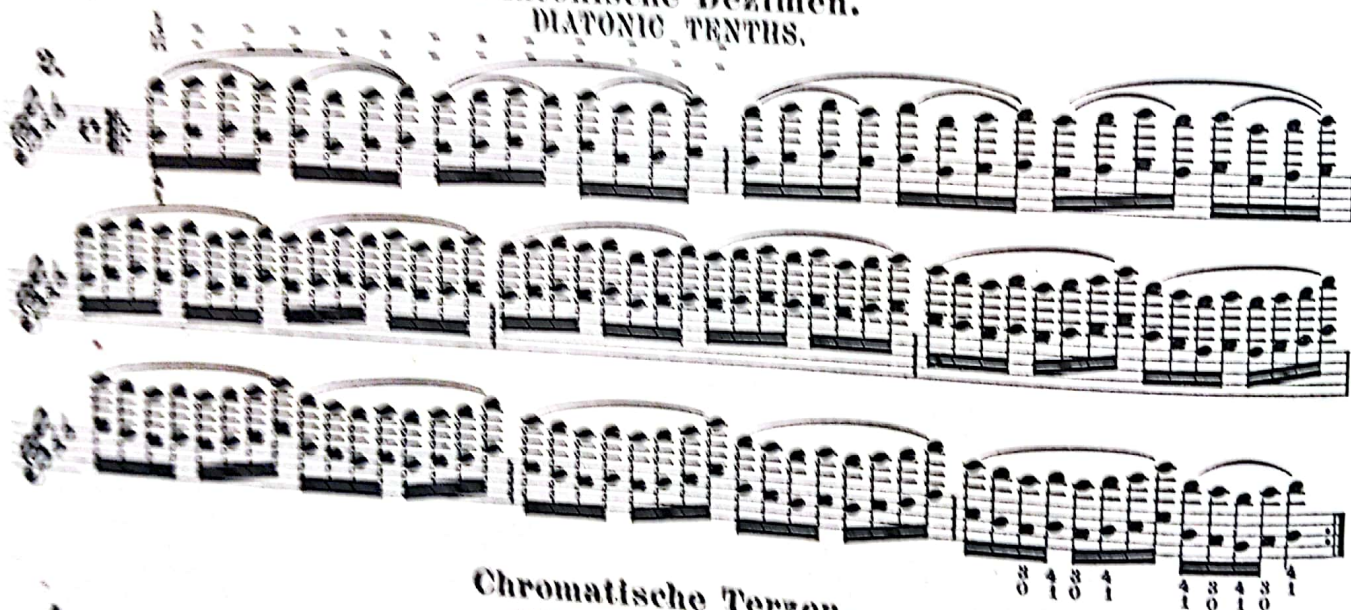
CHROMATIC OCTAVES.



Chromatische Dezimen. CHROMATIC TENTHS.



Diatonische Dezimen. DIATONIC TENTHS.



Chromatische Terzen. CHROMATIC THIRDS.



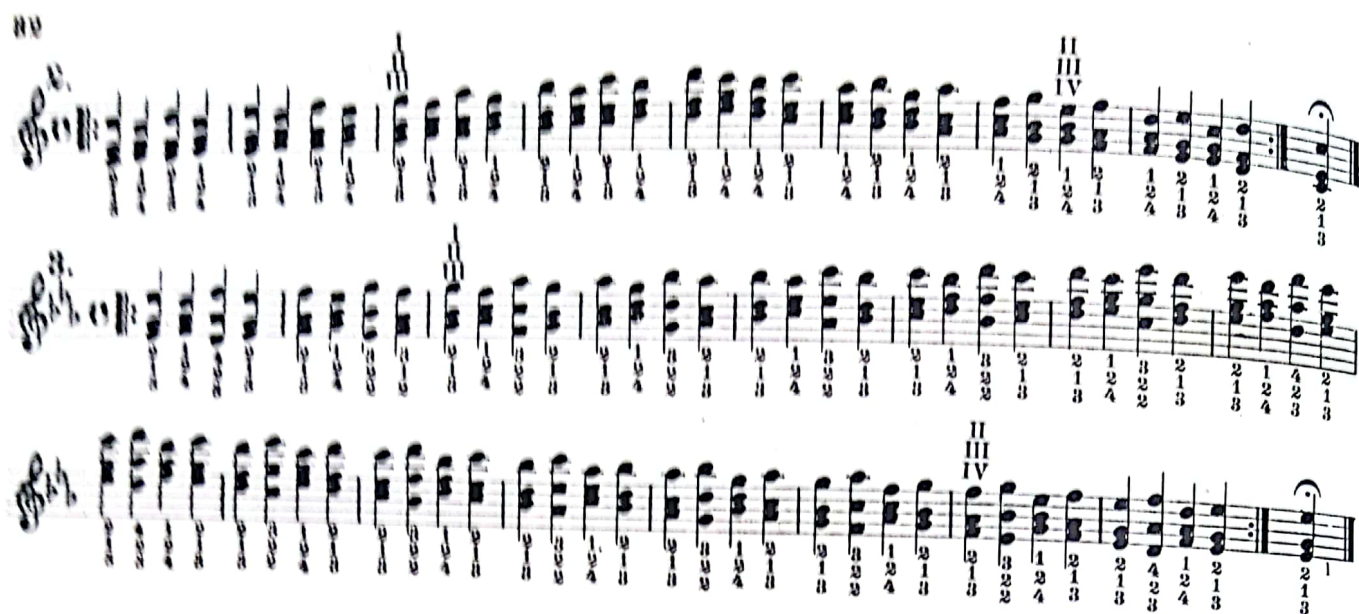
This section contains six musical exercises for chromatic sixths, arranged in two columns of three. Each exercise is written on a grand staff (treble and bass clef) and includes fingering numbers (1-4) and bowing directions (up and down bows). The exercises are labeled with Roman numerals I, II, III, and IV, indicating different positions or techniques. The first exercise on the left is labeled 'I', the second 'II', and the third 'III'. The first exercise on the right is labeled 'III', the second 'IV', and the third 'I'. The exercises are written in a key signature of one flat (B-flat) and a 2/4 time signature.

Chromatische Sexten. CHROMATIC SIXTHS.

This section contains two musical exercises for chromatic sixths, labeled '1.' and '2.'. Each exercise is written on a grand staff (treble and bass clef) and includes fingering numbers (1-4) and bowing directions (up and down bows). The exercises are written in a key signature of one flat (B-flat) and a 2/4 time signature. Exercise 1 is labeled '1.' and exercise 2 is labeled '2.'. The exercises are written in a key signature of one flat (B-flat) and a 2/4 time signature.

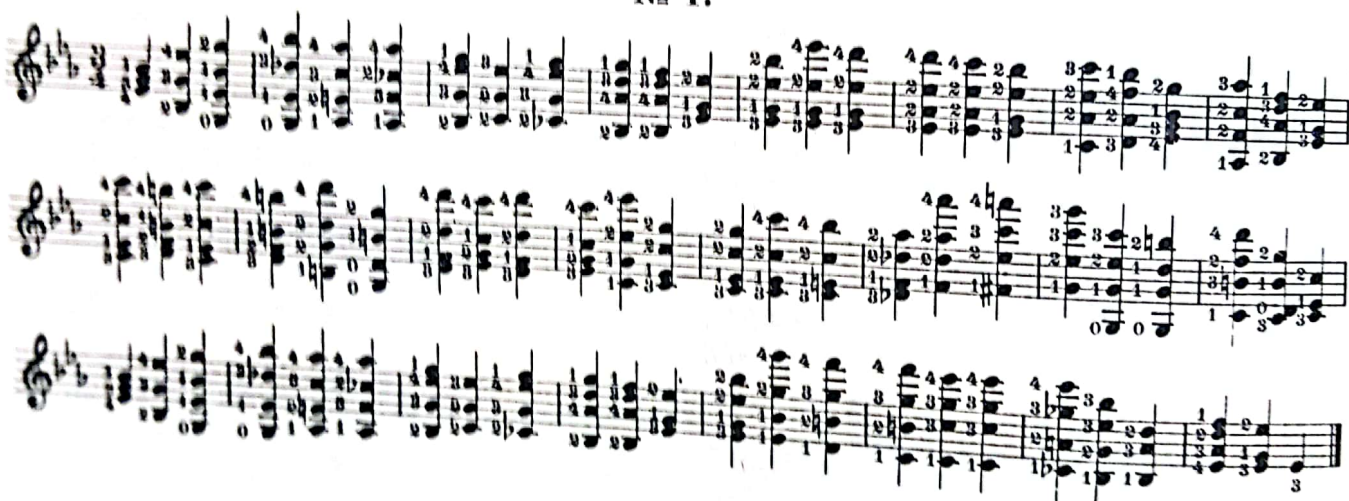
Tripelgriffe. TRIPLE GRIPS.

This section contains one musical exercise for triple grips, labeled '1.'. The exercise is written on a grand staff (treble and bass clef) and includes fingering numbers (1-4) and bowing directions (up and down bows). The exercise is written in a key signature of one flat (B-flat) and a 2/4 time signature.

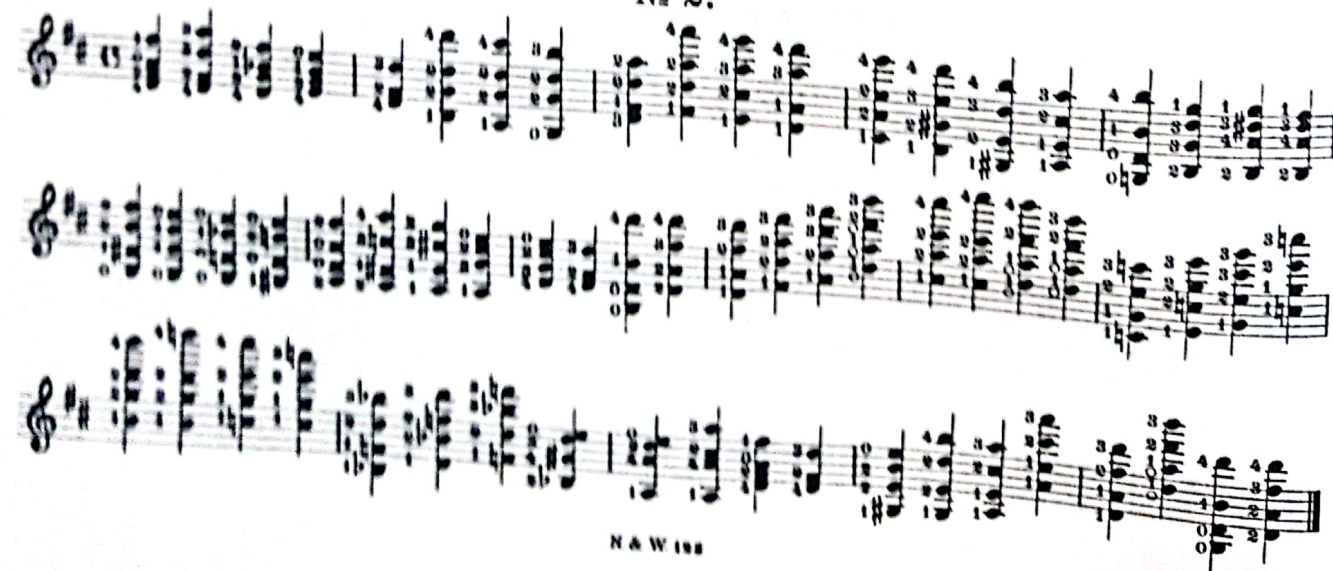


Tripel- und Quadrupelgriffe. TRIPLE AND QUADRUPLE GRIPS.

№ 1.



№ 2.



Anhang.

Die Terzenskalen sind derart zu üben, daß jede Skala vorerst in Vierteln mit ganzem Bogen, dann in Achteln mit halbem Bogen und nach erlangter Sicherheit und Reinheit in Sechzehnteln studiert wird. Vorerst abstoßen, dann vier Noten binden, dann einen halben, ferner einen ganzen Takt und schließlich eine halbe Skala binden, wie in der C dur-Skala angedeutet ist.

APPENDIX.

The method to be observed in practising scales in thirds is the following: each scale is to be studied at first in crotchets, using the entire bow; then in quavers, with half the bow; and finally, when complete surety and purity has been obtained, in semi-quavers; at first brokenly, then tying four notes, then a half, afterwards a whole measure, and finally half a scale at once, as indicated in the scale of C major.

The image displays seven staves of musical notation for C major scale thirds exercises. Each staff contains a sequence of exercises, with various bowing and fingering instructions indicated by numbers and Roman numerals.

- Staff 1:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 2:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 3:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 4:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 5:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 6:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).
- Staff 7:** Crotchets, quavers, and semi-quavers. Exercises include: 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (II), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV), 1 2 3 4 (III), 1 2 3 4 (IV).

This image displays ten staves of musical notation, likely for guitar, arranged vertically. Each staff begins with a treble clef and a key signature of two sharps (F# and C#). The notation is dense, featuring many beamed sixteenth and thirty-second notes, indicating a fast tempo. Fingerings are indicated by numbers 1-4 above the notes, and fret numbers are indicated by Roman numerals (I, II, III, IV) below the staff lines. The music appears to be a technical exercise or a piece of music designed to showcase intricate fingerwork and fretboard navigation. The staves are numbered 1 through 10 from top to bottom.

The image displays a page of musical notation, likely for guitar, consisting of ten staves. Each staff contains a sequence of chords and melodic lines, with Roman numerals (I, II, III, IV) indicating fingerings or positions. The notation is in a single system, with each staff representing a different voice or part of the composition. The music is written in a style typical of early 20th-century guitar music, with a focus on harmonic structure and melodic flow.