

I.

Aus der psychiatrischen und Nervenklinik der Königl.
Charité (Prof. Jolly).

Die elektrischen Erregbarkeitsverhältnisse des peripherischen Nervensystems des Menschen in jugendlichem Zustand und ihre Beziehungen zu dem anatomischen Bau desselben.

Von

Dr. A. Westphal,
Assistent der Klinik.

(Hierzu Tafel I.—IV.)



Im Neurologischen Centralblatt 1886 (S. 16) theilte mein Vater C. Westphal*) einen interessanten Befund mit, den er bei elektrischen Reizversuchen an den peripherischen Nerven neugeborener Kinder der Schröder'schen und Gusserow'schen Klinik gemacht hatte. Er constatirte, dass zur Erregung der Muskeln Neugeborener viel stärkere Inductions- und galvanische Ströme erforderlich waren, als beim Erwachsenen. „Es galt dies vom Facialis und den Gesichtsmuskeln ebenso, wie von den spinalen Nerven resp. Muskeln der Extremitäten. Ströme, welche an der gleichen Stelle bei Erwachsenen applicirt, bereits stärkere Contractionen erzeugten, schienen bei dem Neugeborenen ganz wirkungslos und erst sehr starke Ströme führten zu relativ schwachen Contractionen. Zwischen Erregung von Nerven und Muskeln schien in dieser Beziehung kein Unterschied zu bestehen“.

*) Gesammelte Abhandlungen II. No. 56. S. 833, 834.

Ferner bemerkt C. Westphal, „dass die Contractionen sowohl bei faradischer als galvanischer Reizung einen von dem gewöhnlichen abweichenden eigenthümlichen Charakter hatten durch die grössere Langsamkeit ihres Entstehens und Verschwindens; sie erschienen auch im Ganzen relativ schwach“.

Diese Beobachtungen an neugeborenen Kindern waren vorher noch nicht gemacht worden, wohl aber hatte O. Soltmann^{*)} analoge Thatsachen bei neugeborenen und jugendlichen Thieren gefunden und dieselben in einer experimentellen Arbeit mitgetheilt.

In früheren Untersuchungen über die Functionen des Grosshirns der Neugeborenen hat Soltmann^{*)} den Nachweis zu bringen versucht, dass die Bewegungen der Neugeborenen als unwillkürliche „automatische“ aufgefasst werden müssen und in diesem Mangel des Willens „des mächtigsten reflexhemmenden Moments“ glaubte er die erste Ursache der „erhöhten Reflexdisposition“ der Neugeborenen annehmen zu müssen.

Zweck der erwähnten experimentellen Untersuchungen an den peripherischen Nerven jugendlicher Thiere war festzustellen, welche Rolle bei der „erhöhten Reflexdisposition“ der Neugeborenen die peripherischen Nerven spielen.

Soltmann arbeitete an jungen Hunden, Katzen und Kaninchen; seine Methode war kurz folgende: Er machte elektrische Reizversuche an den unversehrten, undurchschnittenen, aber blossgelegten Ischiadicis junger Thiere, die er, um sie vor schneller Abkühlung zu schützen, in den Wärmekasten setzte. Um stets bei gleicher Stromdichte und Stromstärke zu arbeiten, wurden die Thiere, deren elektrische Erregbarkeit verglichen werden sollte, in denselben Stromkreis eingeschaltet. Das Rückenmark wurde den Thieren durchschnitten, um das Experiment störende willkürliche, Bewegungen zu verhindern.

Das Resultat der nach dieser Methode ausgeführten Untersuchungen war folgendes:

Die Erregbarkeit der Neugeborenen ist der der Erwachsenen gegenüber bedeutend herabgesetzt.

Es findet ein stetiges und allmäliges Ansteigen der Erregbarkeit von der Geburt an bis etwa zur 6. Woche statt,

^{*)} Jahrbuch für Kinderheilkunde 12. (1878). S. 1—20.

^{**) Jahrbuch für Kinderheilkunde IX. und Centralbl. der medic. Wissenschaft. 1875. No. 14.}

wo die Erregbarkeit beider gleich oder gar die des jungen Thieres höher ist, als die des erwachsenen Thieres.

Das Myogramm der Neugeborenen gleicht dem des ermüdeten Muskels, wie es von Wundt*), Kronecker**), Marey***), Funck†) beschrieben worden ist.

Während die Contraction beim erwachsenen Thiere „jäh und brusk geschieht, eine schnelle Contraction, eine schnelle Extension, ist die Bewegungerscheinung beim Neugeborenen langsamer und träger, sie hat etwas Schleppendes und Kriechendes (Soltmann)“.

In einer späteren Arbeit wies Soltmann††) nach, dass auch die sensiblen Nerven neugeborener Thiere eine herabgesetzte Erregbarkeit besitzen, und dass die Erregbarkeit derselben in derselben Weise und nach denselben Gesetzen ansteigt, wie die der motorischen Nerven — die Erregbarkeit steigt bis zur 11. und 12. Woche, in der sie ihr Maximum erreicht hat.

Soltmann sieht in dieser schweren Erregbarkeit des jugendlichen peripherischen Nervensystems eine weise Compensation für die durch den Mangel der Hemmungsvorrichtung des Willens von vornherein zu Convulsionen disponirten neugeborenen Individuen.

Es lag nun Soltmann vor Allem daran, eine anatomische Ursache für diese interessanten Erregbarkeitsverhältnisse der Neugeborenen zu finden und in der That gelang es ihm, deutliche Differenzen in der Structur der Nerven der neugeborenen und der erwachsenen Thiere nachzuweisen.

Diese anatomischen Befunde Soltmann's gebe ich hier mit seinen eigenen Worten wieder.

„Man findet sowohl im Ischiadicus als Vagus beim neugeborenen Thiere die Zahl der marklosen Fasern zahlreicher vertreten, als beim Erwachsenen und häufig findet man im Gesichtsfeld Fasern, die nur streckenweis markhaltig sind, streckenweis wieder marklos, und wo eine Markscheide vorhanden, ist sie zarter, weniger dick, und im Niveau des Kernes unterbrochen. An-

*) Lehre von den Muskelbewegungen. Braunschweig 1858.

**) Sächsische Acad. der Wissenschaften. Math.-physik. Klasse 1871. S. 117.

***) Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868/9. 125.

†) Pflüger's Archiv VII.

††) Ueber die Erregbarkeit der sensiblen Nerven der Neugeborenen. Jahrbuch für Kinderheilkunde. 14. 1879. S. 308—315, nach einem in der paediatrischen Section der 52. Naturforscherversammlung zu Baden-Baden am 19. September 1879 gehaltenen Vortrage.

dererseits gelingt es vollständig ihre Discontinuität, d. h. ihre Marksegmente, Einkerbungen oder Einschachtelungen zu erkennen. Niemals gelang es mir hingegen, wenigstens nicht nach der von Rumpf angegebenen Methode, die Hornscheide der Nerven zur Anschauung zu bringen. Am besten überzeugt man sich von dem Verhalten der Markscheide an Zerzupfungspräparaten. Man schneidet hierzu die Nerven in etwa 9 Mm. lange Stücke und zerzupft, aber sorgfältig, da anderenfalls durch die scharfen Contouren der markhaltigen Nervenfasern die marklosen vollständig verdeckt werden können. Auch an Osmiumpräparaten und auf Querschnitten in Alkohol gehärteter Präparate wird man an zahlreichen Stellen häufig die bekannten Sonnenbildchen vollständig vermissen. Exacte Untersuchungen sind weiterhin erforderlich, um die etwaigen Differenzen im Bau der Nervenfaser neugeborener und erwachsender Thiere zu präzisiren — Untersuchungen, die doppelt schwierig, weil an an und für sich der mikroskopische Bau der markhaltigen Nervenfasern völlig erschöpft ist und die ungleichartige Wirkung der Reagentien beim Neugeborenen doppelt in's Gewicht fällt“.

Die Wichtigkeit dieser Befunde Soltmann's hebt C. Westphal*) ausdrücklich hervor, wenn er sagt, „gewiss sind diese That-sachen, wenn man sie — beim Menschen — mit der späten und bei der Geburt noch nicht vollendeten Entwicklung der Pyramidenseiten-strangbahnen zusammenhält, sehr interessant und fordern vor Allem zur genauen Untersuchung der peripherischen Nerven (und Muskeln) der Neugeborenen auf“.

Dieser Aufforderung meines Vaters nachzukommen, ist mir durch das liebenswürdige Entgegenkommen der Herren Geheimräthe Virchow, Gusserow und Henoch möglich geworden, indem mir Herr Geheimrath Virchow das anatomische Material in liberalster Weise überliess, die Herren Geheimräthe Gusserow und Henoch mir die elektrischen Untersuchungen an Kindern ihrer Abtheilungen gütigst gestatteten.

Die nachfolgenden Untersuchungen haben die Aufgabe, die elektrischen Erregbarkeitsverhältnisse des jugendlichen menschlichen peripherischen Nervensystems (und der Muskeln) zu prüfen und festzustellen, ob sich die Abweichungen von der elektrischen Erregbarkeit beim Erwachsenen aus etwa bestehenden Unterschieden im anatomischen Bau der peripherischen Nerven und Muskeln jugendlicher Individuen erklären lassen.

*) l. c.

A. Elektrische Untersuchungen.

I. Untersuchungsmaterial.

Es wurden im Ganzen 29 verschiedene Individuen elektrisch untersucht. Die einzelnen Versuchspersonen sind in den Tabellen dem Alter nach geordnet und die gleichaltrigen Individuen mit Buchstaben versehen, auf die bei den einzelnen motorischen Punkten der Einfachheit wegen verwiesen wird.

Ich bin mir wohl bewusst, dass die Bestimmung nach dem Alter, d. h. nach den Lebenstagen nach der Geburt in Fragen, bei denen es auf eine möglichst genaue Berechnung der gesamten Lebensdauer, der intrauterinen mitgerechnet, ankommt, sein Missliches hat. Schon Flechsig*) hat darauf hingewiesen, wie unzureichend gewisse äussere Kriterien, wie Länge und Gewicht des Kindes erscheinen, wenn es gilt genau die Altersverhältnisse hinsichtlich der Entwicklungshöhe sich nahestehender Individuen zu bestimmen. Dazu kommt für unsere Fälle, dass die anamnestischen Angaben der Mutter häufig unzuverlässig sind.

Ich suchte die durch diese Umstände bedingte Fehlerquelle möglichst dadurch zu umgehen, dass ich immer Kinder zu meinen Versuchen wählte, die von der geburtshülflichen Klinik als „ausgetragene“ bezeichnet wurden.

Um einen ungefähren Massstab für den Grad der Entwicklung des einzelnen Individuums zu haben, notirte ich die in der geburtshülflichen Klinik gemachten Gewichtsbestimmungen für die Kinder aus den ersten acht Lebenstagen. Dass aber trotz dieser Massnahmen manche auffallenden Ergebnisse der elektrischen Untersuchung durch eine irrtümliche Bestimmung des wirklichen Alters bedingt sein können, liegt auf der Hand.

Die Individuen aus den ersten acht Lebenstagen sind gesunde Kinder aus der geburtshülflichen Abtheilung der Charité, die späteren Altersstufen sind Re却onvalescenten aus der Kinderklinik dieses Krankenhauses. Ich wählte Re却onvalescenten nach leichten Bronchitiden, Verdauungsstörungen u. s. w.; Kinder, die schwerere Erkrankungen durchgemacht hatten, pädiatrophische Individuen, sowie Kinder mit Bildungsanomalien wurden ausgeschlossen.

*) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Leipzig, 1876.

II. Methode der Untersuchung.

Die elektrischen Untersuchungen wurden alle mit dem grossen Hirschmann'schen Apparat ausgeführt. Bei der Ausführung der Versuche richtete ich mich in vielen Punkten nach der von Stintzing*) angewandten Methode, da mir auf diese Weise die Möglichkeit gegeben schien, meine Zahlen mit den von Stintzing an einer grösseren Anzahl erwachsener Personen gewonnenen Erregbarkeitsziffern zu vergleichen. Wie Stintzing suchte auch ich die ersten auftretenden Minimalzuckungen zu bestimmen, für den galvanischen Strom die erste KSZ, für den Inductionsstrom das am negativen Pole des Oeffnungs-inductionsstromes auftretende Zuckungsminimum.

Die Stromstärken wurden für den galvanischen Strom mit dem absoluten Hirschmann'schen Horizontalgalvanometer gemessen, für den Inductionsstrom nach dem Rollenabstand am Schlittenapparat. Um mit gleicher Stromdichte zu arbeiten, die für die Reactionsgrösse der motorischen Nerven und Muskeln von besonderer Wichtigkeit ist, verwandte ich als differente Elektrode stets eine kreisrunde Elektrode mit convexer Oberfläche von 3 Qctm. Querschnitt, die auch Stintzing in seinen Versuchen benutzte. Auch an dem indifferenten Punkte benutzte ich, um unter möglichst gleichmässigen Verhältnissen zu arbeiten, stets dieselbe runde Elektrode von 50 Qu.-Ctm., sie wurde nach Erb's Vorschrift bei allen Versuchen auf das Sternum aufgesetzt. Dass auf eine gute Durchfeuchtung der Elektroden mit warmem Wasser stets geachtet wurde, ist selbstverständlich.

Es wurden bei jedem einzelnen Individuum dieselben Nerven (Facialis, Ulnaris, Medianus, Peroneus) und dieselben Muskeln (Frontalis, Biceps, Extensor digitor. comm., Vastus int., Peroneus longus) faradisch und galvanisch, direct und indirect auf ihre Erregbarkeit geprüft.

Diese Auswahl von Nerven und Muskeln aus verschiedenen Gebieten des Körpers war genügend, eine Uebersicht über die Erregbarkeitsverhältnisse zu erhalten. Auch schien, da bei jugendlichen Individuen die elektrischen Prüfungen ganz besonders schwierig und zeitraubend sind, eine Untersuchung sämmtlicher Nervengebiete unthunlich. Als erregbarste Punkte für die Nerven wählte ich die von Erb**) angegebenen Stellen:

*) Ueber elektrodiagnostische Grenzwerte. Deutsches Archiv für klin. Medicin. XXXIX. Bd.

**) Elektrotherapie S. 281, 285 und 290.

für den Facialis den Schläfenpunkt in der Mitte des Verlaufs;

für den Medianus die Ellenbogenbeuge, da wo er ziemlich oberflächlich dem Muskelbündel der Flexoren aufliegt (bei schwach gebeugtem Arm);

für den Ulnaris einen Punkt etwas oberhalb des Condylus intern.;

für den Peroneus 3—4 Ctm. oberhalb des Capitulum fibulae.

Für die directe Muskelreizung nahm ich die von v. Ziemssen bestimmten Punkte.

Bei jedem einzelnen Kinde wurde schliesslich der Hautwiderstand an einer bestimmten Stelle (Haut der Schläfengegend) auf folgende Weise bestimmt:

Die indifferente Elektrode von 50 Qu.-Ctm. wurden auf das Sternum, die differente Elektrode von 3 Qu.-Ctm. auf die Schläfe aufgesetzt und ein Strom von 10 Elementen 1 Minute durchgeleitet.

Wir glaubten, um die Versuchsbedingungen möglichst gleichartig zu gestalten, die Zeit nicht ausser Acht lassen zu dürfen, sind uns aber wohl bewusst, dass wir dieser für alle Versuche gleich lang dauernden Stromeinwirkung kein allzugrosses Gewicht beilegen dürfen, da durch die bekannten Versuche Jolly's*) nachgewiesen ist, dass die Widerstandsabnahme auch für dieselben Körperstellen verschiedener Individuen eine durchaus ungleichmässige ist.

Der Nadelausschlag wurde notirt. Dann beide wohldurchfeuchte Elektroden in directen Contact gebracht und der Widerstand nach der Substitutionsmethode in Ohms bestimmt.

Von der erhaltenen Zahl wurde in jedem Falle ein Widerstand von 1000 Ohm in Abzug gebracht, der nach Herrn Hirschmann's Berechnung in der Leitung des Apparats, dem Galvanometer und den Elektroden enthalten war.

Widerstände über 11,110 Ohm standen mir nicht im Rheostaten zur Verfügung, konnten im einzelnen Falle daher auch nicht berechnet werden.

Die Reihenfolge der Untersuchung war stets folgende:

1. Faradische Prüfung der Nerven und Muskeln;

2. Galvanische Prüfung der Nerven und Muskeln;

3. Widerstandsbestimmung.

Den einzelnen Versuchsreihen geht in Tabelle I. ein Verzeichniss der Versuchspersonen voran mit Angabe des Geschlechts und Alters der Kinder, sowie des Körpergewichts für die ersten acht Lebenstage.

*) Untersuchungen über den elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers. Festschrift. Strassburg 1884.

T a b e l l e I.
Verzeichniss der Versuchspersonen.

No.	N a m e.	Ge- schlecht.	Alter.	Gewicht. in Grm.
1.	Fiedler	w.	1 Std.	3796
2.	Struzinska	w.	4 Std.	3100
3.	Trost	m.	7 Std.	2540
4.	Schultz	m.	24 Std.	3000
5.	Knoll	m.	a. 2 Tg.	3210
6.	Wyttkop	w.	b. 2 Tg.	2800
7.	Rosenthal	w.	3 Tg.	3720
8.	Bellach	m.	4 Tg.	3000
9.	Geier	w.	5 Tg.	4320
10.	Vesbach	m.	6 Tg.	3730
11.	Ermisch	w.	a. 7 Tg.	4300
12.	Jahn	w.	b. 7 Tg.	4350
13.	Taylor (Mulatte)	m.	c. 7 Tg.	2760
14.	Deputat	w.	a. 13 Tg.	
15.	Stahn	w.	b. 13 Tg.	
16.	Mai	w.	a. 3 Wochen	
17.	Heller	m.	b. 3 Wochen	
18.	Lenz	w.	24 Tg.	
19.	Goris	w.	5 Wochen	
20.	Zirpka	w.	3 Monate	
21.	Scheibe	w.	4 Monate	
22.	Müller	w.	7 Monate	
23.	Benzin	w.	8 Monate	
24.	Scheffler	m.	a. 11 Monate	
25.	?	w.	b. 11 Monate	
26.	Opitz	w.	2 Jahre	
27.	Ullrich	m.	2 $\frac{1}{4}$ Jahr	
28.	Festing	m.	8 Jahre	
29.	Gneser	m.	30 Jahre	

Die folgenden Tabellen sind an und für sich verständlich.

Das Resultat der einzelnen Untersuchungen stellte ich jedesmal im Anschluss an die Tabellen möglichst kurz zusammen.

Ich glaubte, dass es von Interesse sei, die Extremwerthe der faradischen und galvanischen Erregbarkeit aus den verschiedenen Altersstufen einander gegenüber zu stellen. Durchschnittszahlen der Erregbarkeit, wie sie Stintzing für die Nerven Erwachsener bestimmt hat, konnte ich nicht angeben, da es sich ja bei meinen Versuchen um veränderliche und von dem Alter der Versuchsobjecte abhängige Ziffern handelt.

Um einen ungefähreren vergleichenden Massstab für die Erregbarkeitsverhältnisse bei Erwachsenen zu haben, stellte ich meinen Extremwerthen die Durchschnittszahlen und Extremwerthe Stintzing's jedesmal gegenüber.

Die Beobachtungen über den Verlauf und die Art und Weise der Muskelzuckung gebe ich, um in den einzelnen Tabellen Wiederholungen zu vermeiden, in dem Gesamtresultat wieder:

Tabelle II.
Nervus *facialis* (Stirnast. Schläfenpunkt Erb's).

Alter.	Faradische Minimalzuckung. RA. in Mm.	Galvanische Minimalzuckung. M. A.
1 Stunde	90	2,8
4 Stunden	80	5
7 "	87	1,6
1 Tag	85	*
a. 2 Tage	75	4
b. 2 "	75	5
3 "	70 !	6
4 "	90	5
5 "	85	6
6 "	85	8,0
a. 7 "	95	8,8 !
b. 7 "	80	3,2
c. 7 "	90	1,25
a. 13 "	90	1,5
b. 13 "	100	0,8
a. 3 Wochen	100	0,7
b. 3 Wochen	95	1,4
24 Tage	105	0,5
5 Wochen	108	1
3 Monate	110	1
4 "	105	0,4
7 "	145 !	1
8 "	105	1,2
a. 11 Monate	110	0,2 !
b. 11 "	120	0,9
2 Jahre	124	0,4
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	109	1,5
8 Jahre	106	1,0
30 Jahre	115	0,4

Resultat.

Es ist ersichtlich, dass die Erregbarkeit für den faradischen Strom bis zur 3. Woche eine verminderte ist. Während wir von

*) Die galvanische Untersuchung des einen Tag alten Kindes musste aus äusseren Gründen unterbleiben.

der 3. Woche an nur Werthe über 100 RA. haben, schwanken die Erregbarkeitsminima vorher zwischen 70 und 100 RA. Ein regelmässiges Ansteigen der Erregbarkeit nach dem Alter der untersuchten Individuen ist nicht zu constatiren.

Extremwerthe: 70 RA. (13 Tage) 145 (7 Mon.). Faradische Minimalzuckung (nach Stintzing für Erwachsene) 136—120. Extremwerth 117.

Für den galvanischen Strom finden wir in den ersten sieben Tagen Herabsetzung der Erregbarkeit mit Ausnahme einzelner Werthe (1,6—7 Std.) Extremwerthe: 8,8 (7 Tage a) und 0,2 (11 Monate a.).

Galvanische Minimalzuckung (Stintzing) 0,9—2,0. Extremwerthe 0,6 und 2,5.

Für die Nerven aus frühen Altersstufen ist mitunter eine auffallende Verschiedenheit in der Erregbarkeit gegen den galvanischen und faradischen Strom vorhanden. Z. B. 7 Tage (a) 8,8—95. Ein regelmässiges Ansteigen der galvanischen Erregbarkeit mit dem Alter besteht nicht.

T a b e l l e III.

Nervus ulnaris (Reizstelle etwas oberhalb des Cond. int. Erb).

Alter.	Faradische Minimalzuckung. RA. in Mm.	Galvanische Minimalzuckung. M. A.
1 Stunde	85	2,2
4 Stunden	95	1,5
7 "	100	1,9
1 Tag	85	—
a. 2 Tage	75	2,0
b. 2 "	75	2,4
3 "	65 !	6,0
4 "	80	5,0
5 "	80	6,0
6 "	75	8,0 !
a. 7 "	70	8,0 !
b. 7 "	75	2,8
c. 7 "	90	2,25
a. 13 "	90	1,6
b. 13 "	95	1,2
a. 3 Wochen	95	1,1
b. 3 Wochen	105	2,0
24 Tage	95	1,5
5 Wochen	100	1,0
3 Monate	120	0,75
4 "	100	0,3

Alter.	Faradische Minimalzuckung. RA. in Mm.	Galvanische Minimalzuckung. M. A.
7 Monate	145 !	0,8
8 "	105	0,4
a. 11 "	120	0,25 !
b. 11 "	120	0,8
2 Jahre	130	1,2
2 1/4 Jahr	112	1,0
8 Jahre	111	0,6
30 Jahre	123	0,5

Resultat.

Herabsetzung der faradischen Erregbarkeit bis zur 3. Woche vorhanden, nur ein Werth, 7 Std. 100, ist gleich dem Erregbarkeitsminimum aus einer späteren Altersstufe, 4 Monate 100. Extremwerthe 65 (3 Tage) und 145 (7 Monate). Faradische Minimalzuckung (nach Stintzing für Erwachsene) 140—120. Extremwerth 145.

Galvanisch besteht deutliche Herabsetzung der Erregbarkeit in der ersten Woche. Werthe unter 1 M. A. finden wir erst von der fünften Woche an. Einzelne hohe Werthe noch nach der 5. Woche, einzelne relativ niedrige Werthe vor der 3. Woche vorhanden 1,5 (4 Std.). Extremwerthe 8,0 (6 Tage, 7 Tage a.) — 0,25 (11 Monate a.). Galvanische Minimalzuckung (Stintzing für Erwachsene) 0,2—0,9; Extremwerth (Stintzing) 1,3!

Das Ansteigen der faradischen und galvanischen Erregbarkeit mit den höheren Altersstufen ist nicht regelmässig.

Tabelle IV.

Nervus medianus (Reizstelle Ellenbogenbeuge. Erb).

Alter.	Faradische Minimalzuckung. RA. in M.	Galvanische Minimalzuckung. M. A.
1 Stunde	85	3,2
4 Stunden	80	4,0
7 "	100	1,8
1 Tag	75	—
a. 2 Tage	75	6
b. 2 "	80	2
3 "	65 !	6
4 "	80	4
5 "	75	6
6 "	75	6

Alter.	Faradische Minimalzuckung R. A. in Mm.	Galvanische Minimalzuckung M. A.
a. 7 Tage	90	12,4 !
b. 7 "	65 !	8
c. 7 "	85	2,25
a. 13 "	85	2,5
b. 13 "	90	2,0
a. 3 Wochen	95	1,6
b. 3 Wochen	105	3
24 Tage	95	2,5
5 Wochen	100	1,25
3 Monate	115	0,75
4 "	95	1,00
7 "	145 !	1,3
8 "	105	1,3
a. 11	110	0,7
b. 11 "	120	1,0
2 Jahre	127	1,2
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	112	0,6
8 Jahre	107	1,4
30 Jahre	115	0,2 !

Resultat.

Herabsetzung der faradischen Erregbarkeit bis zur dritten Woche, nur vereinzelt finden sich in dieser Zeit Zahlen, die nicht wesentlich niedriger sind, als die Erregungswerte nach der dritten Woche. Auffallend ist, dass der Medianus von 7 Std. (100) leichter erregbar ist, als der von 4 Monaten (95).

Extremwerthe 65 (3 Tage, 7 Tage b.) und 145 (7 Monate).

Faradische Minimalzuckung (Stintzing für Erwachsene. Reizstelle im Sulcus bicipitalis internus) 135—110. Extremwert (Stintzing) 141.

Galvanisch sehr deutlich verminderte Erregbarkeit bis zur dritten Woche. Die meisten Werthe sehr erheblich höher, als die Erregbarkeitsminima der späteren Stufen, nur vereinzelt annähernd gleich.

Kein regelmässiges Ansteigen der Erregbarkeit.

Extremwerthe 12,4 (7 Tage a.) und 0,2 (30 Jahre).

Galvanische Minimalzuckung (Stintzing) 0,3—1,5.

Extremwerthe (Stintzing) 0,27 und 2,0.

T a b e l l e V.
Nervus peroneus (Erb'scher Punkt).

Alter.	Faradische Minimalzuckung. R.A. in Mm.	Galvanische Minimalzuckung. M. A.
1 Stunde	90	1,8
4 Stunden	80	3
7 "	90	2,4
1 Tag	75	—
a. 2 Tage	80	2,8
b. 2 "	65	4,4
3 "	55 !	8
4 "	80	6
5 "	70	7,2
6 "	55 !	12 !
a. 7 "	65	12 !
b. 7 "	70	4
c. 7 "	80	3
a. 13 "	85	2,2
b. 13 "	90	2,4
a. 3 Wochen	85	1,6
b. 3 Wochen	90	3
24 Tage	90	2,5
5 Wochen	95	1,25
3 Monate	110	1,5
4 "	100	1
7 "	135 !	1
8 "	100	1,2
a. 11 "	98	0,8
b. 11 "	115	1,1
2 Jahre	117	1,9
2½ Jahr	95	1,3
8 Jahr	95	1,2
30 Jahre	100	0,6 !

R e s u l t a t.

Faradische Erregbarkeit bis zur dritten Woche vermindert. alle Werthe unter 95, die meisten sehr erheblich tiefer.

Von der 5. Woche an die niedrigste Erregbarkeitsziffer 95, die meisten höher. Extremwerthe: 55 (3 Tage und 6 Tage) — 135 (7 Monate).

Faradische Minimalzuckung (Stintzing für Erwachsene. Reizstelle von Ziemssen) 127—103. Extremwerthe 138 und 95.

Galvanisch. Herabsetzung der Erregbarkeit bis zur 3. Woche, nur vereinzelt bessere Erregbarkeit wie im Peron. (1 Std.) 1,8.

Extremwerthe: 12 (6 Tage, 7 Tage a.) und 0,6 (30 Jahre).

Kein regelmässiges Ansteigen der Erregbarkeit.

Galvanische Minimalzuckung (Stintzing für Erwachsene.
Reizstelle von Ziemssen) 0,2—2,0.
Extremwerth (Stintzing) 2,7.

Directe Erregbarkeit der Muskeln.

Für die Strombreiten, innerhalb welcher die Minimalzuckungen der Muskeln stattfinden, finden wir in den Stintzing'schen Tabellen nur beiläufige Mittheilungen, die einem kleinen Beobachtungsmaterial entnommen sind, welches mit verschiedenen Stromdichten untersucht ist, so dass ich die Zahlen zur Vergleichung mit meinen Ergebnissen nicht heranziehen konnte.

T a b e l l e VI.
N e r v u s f r o n t a l i s.

Alter.	Faradisch. R. A.	Galvanisch. M. A.
1 Stunde	85	1,4
4 Stunden	83	1,75
7 "	85	2,2
1 Tag	80	—
a. 2 Tage	75	4,4
b. 2 "	80	3,2
3 "	65 !	4,0
4 "	85	2,0
5 "	85	4,8
6 "	80	6,0
a. 7 "	90	6,8 !
b. 7 "	75	3,2
c. 7 "	85	1,25
a. 13 "	95	1,6
b. 13 "	105	1
a. 3 Wochen	103	1,8
b. 3 Wochen	95	3
24 Tage	95	1
5 Wochen	105	1,5
3 Monate	108	0,25
4 "	105	1
7 "	145 !	1
8 "	105	0,7
a. 11 "	105	1,2
b. 11 "	110	0,4 !
2 Jahre	115	1,9
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	109	1,5
8 Jahre	104	1
30 Jahre	110	0,6

Resultat.

Faradisch finden wir bis zum 13. Tage zum Theil sehr beträchtlich verminderde Erregbarkeit.

Von der 5. Woche an höhere Werthe über 100 R. A.

Extremwerth: 65 (3 Tage) — 145 (7 Monate).

Galvanisch: In der ersten Woche vorwiegend herabgesetzte Erregbarkeit (Werthe über 2 M. A.). Doch finden sich schon bei einzelnen Individuen die Erregbarkeitsverhältnisse der höheren Altersstufen. Im Ganzen treten die Unterschiede weniger deutlich hervor, wie bei der Reizung vom Nerven aus.

Extremwerthe: 6,8 (7 Tage a.) und 0,4 (11 Monate b.).

T a b e l l e VII.
M. b i c e p s b r a c h i i.

Alter.	Faradisch. R. A.	Galvanisch M. A.
1 Stunde	85	2,8
4 Stunden	75	2,5
7 "	93	1,6
1 Tag	80	—
a. 2 Tage	75	2,4
b. 2 "	70	4,0
3 "	65!	6,8!
4 "	80	5,0
5 "	75	6,8!
6 "	80	5,2
a. 7 "	85	5,2
b. 7 "	70	4,0
c. 7 "	80	2,0
a. 13 "	95	1,6
b. 13 "	90	2,0
a. 3 Wochen	100	3,6
b. 3 Wochen	95	3,8
24 Tage	90	1,75
5 Wochen	100	2,5
3 Monate	100	1,5
4 "	95	1,8
7 "	135!	2,5
8 "	105	2,3
a. 11 "	95	0,9
b. 11 "	100	2,0
2 Jahre	115	1,9
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	109	1,75
8 Jahre	100	1,6
30 Jahre	110	0,6!

Resultat.

Faradisch dieselben Verhältnisse wie beim Musc. frontalis.

Extremwerth: 65 (3 Tage) — 135 (7 Monate).

Galvanisch findet sich nur darin ein Unterschied in den verschiedenen Altersstufen, dass wir in der ersten Woche einige hohe Werthe (über 4 M. A.) finden, die in der späteren Zeit des Lebens nicht mehr von mir beobachtet sind.

Diese vereinzelten hohen Werthe ausgenommen, kann keine wesentliche Differenz in den verschiedenen Altersstufen constatirt werden.

Extremwerth: 6,8 (3 Tage, 5 Tage) 0,6 (30 Jahre).

T a b e l l e VIII.

M. extensor digit. communis.

Alter.	Faradisch. R. A.	Galvanisch. M. A.
1 Stunde	85	1,4
4 Stunden	83	3
7 "	93	0,8 !
1 Tag	80	—
a. 2 Tage	75	3,2
b. 2 "	80	5
3 "	60 !	4,8
4 "	80	3,5
5 "	75	6,8
6 "	80	7,2
a. 7 "	90	10,0 !
b. 7 "	70	4,8
c. 7 "	85	2
a. 13 "	85	1,6
b. 13 "	95	1,6
a. 3 Wochen	95	1,7
b. 3 Wochen	100	1,6
24 Tage	90	1,75
5 Wochen	100	1,5
3 Monate	115	0,5
4 "	102	1,0
7 "	135 !	1,0
8 "	105	1,6
a. 11 "	102	0,75
b. 11 "	105	0,9
2 Jahre	118	1,6
2 ¹ / ₄ Jahr	102	1,6
8 Jahre	104	0,8
30 Jahre	105	0,9

Resultat.

Faradisch: In den ersten 14 Tagen bis 3 Wochen verminderte Erregbarkeit.

Extremwerth: 60 (3 Tage) und 135 (7 Monate).

Galvanisch: Dasselbe Verhalten wie *M. biceps*. Besonders auffallend ist, dass die beiden Extremwerthe innerhalb der ersten acht Lebenstage liegen!

8,8 (7 Std.) und 10,0 (7 Tage a.).

Tabelle IX.

M. vastus internus.

Alter.	Faradisch. R. A.	Galvanisch. M. A.
1 Stunde	75	3,0
4 Stunden	75	2,5
7 "	92	1,6
1 Tag	75	—
a. 2 Tage	70	6,8
b. 2 "	65	2,8
3 "	55!	8,0
4 "	75	4,5
5 "	70	7,2
6 "	65	10,4
a. 7 "	70	15,0!
b. 7 "	60	6,0
c. 7 "	75	4,0
a. 13 "	65	3,2
b. 13 "	90	1,6
a. 3 Wochen	85	2,5
b. 3 Wochen	90	4,0
24 Tage	85	1,5
5 Wochen	90	2,0
3 Monate	100	2,0
4 "	90	2,2
7 "	125!	2,0
8 "	98	1,7
a. 11 "	95	2,2
b. 11 "	100	1,0
2 Jahre	109	1,6
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	100	1,0
8 Jahre	98	1,6
30 Jahre	112	0,6!

Resultat.

Faradisch dieselben Verhältnisse wie der vorige Muskel, nur finden wir in den ganz frühen und den späteren Stadien einzelne fast gleiche Werthe.

Extremwerthe: 55 (3 Tage) und 125 (7 Monate).

Galvanisch: wie die vorigen Muskeln.

Extremwerthe: 15! (7 Tage a.) 0,6 (30 Jahre).

Tabelle X.

M. peroneus longus.

Alter.	Faradisch. R. A.	Galvanisch. M. A.
1 Stunde	85	2
4 Stunden	75	2,5
7 "	90	1,6
1 Tag	75	—
a. 2 Tage	70	2,4
b. 2 "	65!	2,4
3 "	60	6,4
4 "	75	4,5
5 "	70	10,0
6 "	70	10,4!
a. 7 "	80	10,0
b. 7 "	70	6,0
c. 7 "	80	2,0
a. 13 "	85	1,5
b. 13 "	90	1,2
a. 3 Wochen	85	2,5
b. 3 Wochen	90	4,0
24 Tage	85	1,5
5 Wochen	90	2,0
3 Monate	100	3,0
4 "	95	1,2
7 "	125!	1,75
8 "	100	1,2
a. 11 "	95	1,3
b. 11 "	100	1,0
2 Jahre	109	1,8
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	97	2,25
8 Jahre	95	1,2
30 Jahre	100	0,7!

Resultat.

Faradisch und galvanisch wie Vastus int.

Extremwerthe faradisch: 65 (2 Tage b.) und 125 (7 Mon.).

Extremwerthe galvanisch: 10,4 (6 Tage) und 0,7 (30 Jahre).

T a b e l l e XI.

Widerstandsbestimmungen in Ohm (Substitutionsmethode). Durchleitung eines Stromes von 10 Elementen (Leclanché) 1 Minute. Anode (50 Qcm.) Brust. Kathode (3 Qcm.) Schläfengegend.

Alter.	Widerstand in Ohm.
1 Stunde	7000
4 Stunden	10000
7 "	10110
1 Tag	*
a. 2 Tage	> 11110
b. 2 "	1100
3 "	3400
4 "	> 11110
5 "	> 11110
6 "	7000
a. 7 "	4000
b. 7 "	6000
c. 7 "	10000
a. 13 "	4110
b. 13 "	5700
a. 3 Wochen	8000
b. 3 Wochen	2700
24 Tage	10000
5 Wochen	4000
3 Monate	2000
4 "	1500
7 "	2000
8 "	3700
a. 11 "	1700
b. 11 "	790
2 Jahre	1700
2 $\frac{1}{4}$ Jahr	2400
8 Jahre	500
30 Jahre	4300

R e s u l t a t.

Es ist sofort in die Augen fallend, dass sich bei den meisten der untersuchten jugendlichen Individuen bis zur fünften Woche erheblich höhere Widerstände, wie in den späteren Altersstufen, finden. Nach

*) Der Widerstand konnte bei diesem Kinde aus äusseren Gründen nicht untersucht werden.

der fünften Woche ist der höchste der notirten Widerstände 4300 Ohm (30 Jahre). Vor der fünften Woche finden wir, mit wenigen Ausnahmen, weit höhere Widerstände, die zwischen 5000 Ohm und Werthen, die mehr als 11110 Ohm betragen, schwanken.

Die höchsten Widerstände fand ich bei Kindern, bei denen die Haut noch in grösserer Ausdehnung und besonders an den Aufsatzstellen der Elektroden mit feinen Wollhärrchen bedeckt war.

Extremwerthe: 500 Ohm (8 Jahre) und Widerstände, die mehr als 11110 Ohm betragen (2 Tage a., 4 Tage und 5 Tage).

Gesammtresultat.

Es findet sich bei den untersuchten Individuen eine verminderte Erregbarkeit für den faradischen und galvanischen Strom bei indirekter, für den faradischen Strom auch bei directer Reizung, in den ersten Wochen nach der Geburt.

Eine ganz bestimmte Zeit, innerhalb deren diese verminderte Erregbarkeit besteht, lässt sich nicht festsetzen, sie ist für den faradischen und galvanischen Strom in vielen Fällen eine verschiedene. Während bei faradischer indirekter und directer Reizung die Zeit der verminderten Erregbarkeit bei den meisten unserer Untersuchungen innerhalb der ersten drei Wochen fällt, ist für den galvanischen Strom (indirekte Reizung) diese Herabsetzung mit Deutlichkeit mitunter nur innerhalb der ersten acht Tage nachzuweisen gewesen. Einzelne Ausnahmen von dieser Regel kommen jedoch für beide Stromarten vor.

Von der fünften Woche an war in unseren Beobachtungen durchgehend Verminderung der Erregbarkeit nicht mehr zu constatiren. Diese Herabsetzung der Erregbarkeit betrifft innerhalb der geschilderten Grenzen die grosse Mehrzahl der untersuchten Nerven und Muskeln. Doch muss besonders hervorgehoben werden, dass einzelne Nerven und Muskeln bei manchen Individuen von dieser Regel eine Ausnahme machen, indem sie schon innerhalb der normalen*) Stromstärken erregbar sind, während andere noch sehr schwer auf den elektrischen Strom reagiren. Ferner sind die Erregbarkeitsverhäl-

*) Wir gebrauchen den Ausdruck „normal“ der Kürze halber, um Werthe zu bezeichnen, die jedenfalls keine auffallende Herabsetzung der Erregbarkeit bedeuten, und sind uns wohl bewusst, dass von einer normalen Erregbarkeit im Allgemeinen bei der grossen Verschiedenheit der individuellen Erregbarkeit auch bei Erwachsenen nicht gesprochen werden kann.

nisse der Nerven und Muskeln ein und desselben Kindes für den galvanischen und faradischen Strom mitunter verschieden, die Erregbarkeit kann für den galvanischen Strom herabgesetzt, für den faradischen normal sein und umgekehrt.

So finden wir mitunter bei einem Individuum alle Uebergänge von stark herabgesetzter bis zu normaler Erregbarkeit. Diese Verschiedenheiten, die das einzelne jugendliche Individuum in seiner Anspruchsfähigkeit gegen den elektrischen Strom zeigt, treten noch mit weit grösserer Deutlichkeit bei Vergleichung der Erregbarkeitsverhältnisse verschiedener im Alter einander nahe stehenden Kinder hervor. Es findet sich bei einer Anzahl jüngerer Individuen eine leichtere Erregbarkeit für den elektrischen Strom, als bei denen, die der Angabe nach älter sind. In Folge dessen ist ein regelmässiges Ansteigen der elektrischen Erregbarkeit mit dem Alter nicht nachweisbar, wir finden hier sehr in's Auge fallende Sprünge und Unregelmässigkeiten.

Eine eigene Stellung scheinen nach meinen Versuchen die Muskeln hinsichtlich ihrer directen Erregbarkeit für den galvanischen Strom einzunehmen. Eine deutliche Herabsetzung der Erregbarkeit konnte ich bei dieser Reizungsart nur bei einer Anzahl Individuen aus der ersten Lebenswoche beobachten, während in anderen Fällen die Erregbarkeit entweder aller oder doch vereinzelter Muskeln sich nicht wesentlich von der in höheren Altersstufen unterschied, jedenfalls dies Verhalten durchaus nicht mit der Deutlichkeit nachweisbar war, wie bei den anderen Reizungsmethoden. Eine Erklärung für dies eigenthümliche Verhalten vermag ich nicht anzugeben.

Wir sehen somit, dass eine grosse Mannigfaltigkeit die elektrischen Erregbarkeitsverhältnisse des neugeborenen und einige Wochen alten Menschen beherrscht; es kommen alle Uebergänge von sehr beträchtlicher Verminderung der Erregbarkeit bis zu Reizgrössen vor, die nicht höher sind, als die bei Erwachsenen gewöhnlichen Werthe.

Trotz dieser Mannigfaltigkeit und anscheinenden Regellosigkeit bleibt aber doch das in den allermeisten unserer Untersuchungen constatirte Factum durchaus bestehen, dass die Nerven und die Muskeln (diese mit der geschilderten Einschränkung) in den ersten Lebenswochen bis zu einem gewissen, nicht für alle Fälle gleichen Zeitpunkt wesentlich schwerer elektrisch zu erregen sind, als die Nerven und Muskeln Erwachsener.

Ausser diesen quantitativen Unterschieden in der elektrischen Er-

regbarkeit fanden wir bei unseren Versuchen die von Soltmann*) zuerst bei Thieren beschriebenen und von C. Westphal**) beim Menschen bestätigten qualitativen Veränderungen der Erregbarkeit mit grosser Deutlichkeit. Die Muskelcontraction hatte nicht den blitzartigen Charakter „eine schnelle Contraction, eine schnelle Extension“ (Soltmann), wie sie der erwachsene normale Muskel zeigt, sondern die Bewegungerscheinung bei den untersuchten jugendlichen Individuen war langsamer und träger, hatte etwas Schleppendes und Kriechendes, ganz wie sie Soltmann bei seinen Kaninchen beschrieben hat. Für weitere Versuche wäre es von Interesse festzustellen, ob auch das Myogramm dem des ermüdeten Muskels gleicht, was von Soltmann bei Thieren festgestellt ist.

Diese eigenthümlichen Zuckungen fanden wir sowohl bei faradischer, als auch bei galvanischer Reizung ausgeprägt, bei Reizungen mit der Kathode und Anode.

Die Schliessungszuckungen zeigten den schleppenden Charakter der Zuckung deutlicher als die Oeffnungszuckungen. Der langsame Verlauf der Zuckung trat desto exquisiter vor, je schwerer im Allgemeinen der betreffende Muskel zu erregen war, mit dem Eintritt der normalen Erregbarkeit wurden auch die Zuckungen schneller und den blitzartigen Zuckungen der Erwachsenen ähnlicher.

Wenn wir nun die vorhin geschilderten wechselvollen Erregbarkeitsverhältnisse in Betracht ziehen, die wir oft bei ein und demselben jugendlichen Individuum constatirten konnten, wird es erklärlich sein, dass verschiedene Muskeln desselben Individuums in manchen Fällen eine verschiedene Art der Zuckung zeigten. Besonders muss darauf hingewiesen werden, dass auch hinsichtlich der Qualität der Zuckung alle Uebergangsformen vom jugendlichen zum erwachsenen Zuckungstypus vorkommen, so dass im Einzelfall die Entscheidung, welche Art der Zuckung vorliegt, oft sehr schwierig, wenn nicht unmöglich ist.

Fassen wir das Resultat unserer elektrischen Untersuchungen zusammen, so finden wir, dass es in den Hauptpunkten dem Ergebniss der Beobachtungen Soltmann's an Thieren entspricht.

Die wichtigste Differenz in beiden Versuchsreihen ist wohl die, dass wir nicht, wie Soltmann, ein regelmässiges Ansteigen der Erregbarkeit mit dem Alter constatiren konnten. Dieser Unterschied ist aber erklärlich. Während Soltmann an den blossgelegten Nerven

*) l. c.

**) l. c.

von Thieren, welche in denselben Stromkreis eingeschaltet waren, experimentirte, konnte ich in meinen Beobachtungen am Menschen nur die percutane Reizungsweise in Anwendung bringen. Dass durch diesen Umstand für mich weit ungünstigere Versuchsbedingungen gegeben und die Resultate gewiss öfters schon durch die ungemein schwierige Bestimmung der erregbarsten Nervenpunkte beeinflusst waren, liegt auf der Hand. In weit höherem Grade aber werden sicherlich die Untersuchungsergebnisse am neugeborenen Menschen durch die Schwierigkeit, das wirkliche Alter des Kindes im Einzelfall sicher festzustellen, beeinträchtigt. Dass bei den geringen Zeiträumen, um die es sich handelt, schon Irrthümer von einer Woche das Resultat wesentlich fälschen müssen, ist ersichtlich. Ich meine auch in diesem Umstande eine Erklärung für den beim Menschen so wechselvollen Zeitpunkt, in dem die normale Erregbarkeit erreicht wird, zu finden.

Wir sind weit davon entfernt, beim Thiere experimentell gefundene Thatsachen ohne Weiteres auf den Menschen zu übertragen, doch wenn wir alle diese, oft nicht zu umgehenden Fehlerquellen in Betracht ziehen, so müssen wir zugeben, dass die Möglichkeit eines regelmässigen Ansteigens der Erregbarkeit nach der Geburt auch beim Menschen vorliegt, dass dieses Verhalten uns aber vielleicht durch ungünstige Versuchsbedingungen nicht zur Wahrnehmung gekommen ist.

Ueber diesen Punkt können nur zahlreiche, unter allen Kautelen ausgeführte elektrische Untersuchungen an einer grossen Zahl Neugeborener, deren Alter genau zu bestimmen ist, Aufklärung geben.

Die Ergebnisse meiner Widerstandsbestimmungen habe ich bereits geschildert; es ist von Interesse, dieselben mit den Resultaten früherer Autoren zu vergleichen. Erb*) sagt „man ist häufig erstaunt zu sehen, wie grossen Leitungswiderstand die jugendliche Haut darbietet, in noch bedeutenderem Grade gilt dies für das höhere Lebensalter; bei Greisen ist der Widerstand der Haut oft ausserordentlich gross“. Ueber den Leitungswiderstand der Haut bei Personen verschiedener Altersstufen äusserst sich Jolly**):

„Von charakteristischen Altersunterschieden war nicht viel wahrzunehmen, wie sich aus den für beide Geschlechter nach dem Lebensalter geordneten Tabellen ergiebt. Erwähnenswerth ist, dass bei beiden Geschlechtern die höchsten Widerstandszahlen für die Schläfen-

*) Elektrotherapie S. 53.

**) I. S. 15.

gegend bei den ältesten Individuen gefunden wurden. Es stimmt dies auch wieder mit der Angabe von Erb überein, dass man bei alten Leuten am Kopfe oft auffallend hohen Leitungswiderstand findet.

Einen verhältnissmässig hohen Widerstand dieser Gegend zeigt übrigens auch das jüngste überhaupt untersuchte Individuum, ein 9jähriger Knabe, während sich bei dem nächstfolgenden 12jährigen Knaben eine dem Minimum sehr nahe stehende Zahl ergab.

Im Allgemeinen kann man jedenfalls nicht sagen, dass in bestimmtem Verhältniss mit dem zunehmenden Lebensalter der Leitungswiderstand der Haut sich ändere“.

Ausser diesen Mittheilungen konnte ich in der mir von meinem verehrten Chef, Herrn Geh. Rath Jolly, gütigst zur Verfügung gestellten Literatur über elektrische Widerstandsbestimmungen keine näheren Angaben über die Widerstände in verschiedenen Altersstufen finden. Jedenfalls stimmen meine Versuche mit den Resultaten Erb's und Jolly's darin überein, dass sich bei jugendlichen Personen oft ein sehr hoher Leitungswiderstand der Haut findet. Ich constatirte in den ersten fünf Lebenswochen fast durchgehends beträchtlich höhere Widerstände, als in den späteren Altersstufen und glaube in der Bedeckung der Haut mit feinsten Wollhärrchen bei ganz jungen Individuen vielleicht den Grund für diese Erscheinung gefunden zu haben.

Auch mit der Angabe Jolly's, dass man im Allgemeinen jedenfalls kein bestimmtes Verhältniss zwischen zunehmendem Alter und dem Leitungswiderstand der Haut entdecken kann, stehen meine sehr wechselnden Widerstandsziffern aus den höheren Altersstufen im Einklang.

Ich möchte hier noch eine Beobachtung erwähnen, die ich bei den elektrischen Reizungsversuchen häufig machte. Neugeborene und Kinder aus den ersten Lebenswochen (etwa bis zur 3. Woche) sind gegen sehr starke elektrische Ströme vollkommen unempfindlich. Es mussten bei diesen Reizversuchen in vielen Fällen faradische und galvanische Ströme von einer Intensität in Anwendung gebracht werden, wie sie für Erwachsene völlig unerträglich sind. Faradische Ströme von 55 R. A. und galvanische über 10 M. A. sind für Erwachsene schon am Rumpf und den Extremitäten so schmerhaft, dass sie die lebhaftesten Schmerzäusserungen hervorrufen. Die ganz jugendlichen untersuchten Individuen ertragen diese Ströme auch im Gesicht, ohne die geringsten Zeichen von Schmerz oder Abwehrbewegungen — sie liegen vollkommen ruhig, ohne zu schreien da. Die elektrischen Untersuchungen an Neugeborenen sind deshalb auch nicht wegen grosser Unruhe der Kinder, die, wenn sie gesättigt sind, sich

gewöhnlich sehr ruhig verhalten, so mühsam und zeitraubend, sondern, weil die Kinder fast fortwährend ihre Muskeln unwillkürlich kontrahiren und der Zeitpunkt, wenn dieselben einmal für kurze Zeit erschlafft sind, so dass eine elektrische Reizung möglich ist, schwer abzupassen ist.

Die Erklärung für dies interessante Verhalten findet sich in der mangelhaften anatomischen Ausbildung der Centralorgane bei der Geburt, doch ist vielleicht der anatomische Bau der peripherischen Nerven, wie ich ihn schildern werde, auch bei dieser Erscheinung mitbeteiligt.

B. Anatomische Untersuchungen.

Ehe ich zur Schilderung meiner eigenen Untersuchungen übergehe, möchte ich die Daten, welche ich in der Literatur über die anatomischen Verhältnisse des peripherischen Nervensystems Neugeborener und über Zustände im erwachsenen peripherischen Nervensystem, welche in Beziehung zu den jugendlichen Formen stehen, gefunden habe, wiedergeben, bitte aber um Nachsicht, wenn mir in der fast nicht mehr zu übersehenden Literatur über das peripherische Nervensystem vielleicht einige Angaben, welche sich auf unseren Gegenstand beziehen, entgangen sein sollten.

Wohl die erste Untersuchung über die Entwicklung des peripherischen Nervensystems im postembryonalen Zustande röhrt von Robert Remak*) her. Sie ist zugleich eine der wichtigsten Arbeiten über diesen Gegenstand; in den Hauptpunkten enthält sie bereits die schon erwähnten interessanten, von Soltmann erst nach vielen Jahren erhobenen Befunde, welche dieser Autor beschreibt, ohne die Remak'sche Arbeit zu kennen. Remak schildert das Aussehen der peripherischen Nerven des Kaninchens in verschiedenen Stadien nach der Geburt.

„Am zweiten Tage nach der Geburt bestehen beim Kaninchen alle Cerebrospinalnerven in ihrer ganzen Erstreckung fast aus lauter wasserhellen varicösen Fasern, von denen viele während ihres Verlaufes

*) Vorläufige Mittheilung mikroskopischer Beobachtungen über den inneren Bau der Cerebrospinalnerven und über die Entwicklung ihrer Formelemente von Robert Remak. Müller's Archiv 1836. S. 145—161.

abwechselnd in die cylindrische und varicöse Form übergehen, und manche an ihren cylindrischen Stellen in sehr kurzen Erstreckungen bereits mit einem feinen helldurchsichtigen Mark erfüllt sind. Die Dicke der Fasern ist sehr gering, so dass die stärksten Anschwellungen kaum 0,002 engl. Lin. im Durchmesser haben. Dann fährt Remak fort, „in der vierten und fünften Woche zeigen sich beim Kaninchen folgende Verhältnisse:

Die Cerebrospinalnerven enthalten:

1. stärkere cylindrische Fasern (Markfasern) von 0,0025 bis 0,0060 engl. Lin. im Durchmesser, die stellenweise klar und durchsichtig, meistentheils mit einem wenig flüssigen Mark erfüllt, bald von graden, bald von unregelmässig geschlängelten, stark eingekerbten Rändern begrenzt sich zeigen, an deren inneren Seite man eine parallel laufende feinere Linie unterscheidet;

2. feinere cylindrische Fasern von von 0,0008 bis etwa 0,0025 engl. Lin., die immer marklos und wasserhell... in ihrer Wandung keine doppelte Grenze unterscheiden lassen;

3. durchgängig varicöse Fasern;

4. Uebergangfasern, d. h. solche, die man unter dem Mikroskop abwechselnd aus der cylindrischen Form in die varicöse und umgekehrt übergehen sieht.

„Beim erwachsenen Kaninchen sind die Markfasern von einem viel undurchsichtigeren, dichteren, scheinbar schwerflüssigeren Mark erfüllt, als in der früheren Zeit und erreichen einen Durchmesser von 0,0090 engl. Lin. Auch viele von den feinen cylindrischen Formen sind mit einem weniger undurchsichtigen und weniger dichten Mark erfüllt; die rein varicösen Fasern sind sehr selten und die Uebergangsformen viel seltener, als in der früheren Zeit“.

Die Beobachtungen, die Remak an Menschen, am Kalbe, an der Taube, Fischen und am Frosch machte, stimmten mit den angeführten in den Hauptmomenten überein; nur vermochte er über die Lebenszeit, in welcher die verschiedenen Entwickelungsstufen beim Menschen und bei den genannten Thieren eintreten, aus Mangel an einer hinreichenden Anzahl von vergleichenden Untersuchungen, besonders an neugeborenen Individuen, bisher nicht so bestimmte Auskunft zu geben. . . . „Beim neugeborenen Menschen scheinen die Primitivfasern ebenfalls schon mehr entwickelt, als beim neugeborenen Kaninchen, wiewohl wegen des halbverwesten Zustandes, in welchem man die von der Fäulniss am frühesten angegriffene Nervensubstanz von menschlichen Leichnamen meist zur Untersuchung bekommt, und in welchem man es nicht mehr in seiner Gewalt hat, den Nerven membranartig auszuspannen und über alle seine Bestandtheile Auskunft zu geben, nur über die Grösse, aber nicht über die Zahlenverhältnisse der verschiedenen Fasern eine sichere Entscheidung ausführbar ist“.

Aus dem Resumé, welches Remak am Ende seiner wichtigen Arbeit gibt, hebe ich nur einige uns besonders interessirende Punkte hervor:

1. Die Formelemente der Cerebrospinalnerven durchlaufen mehrere Stufen der Entwicklung und setzen diese noch zu einer Zeit fort, in welcher nach den bisherigen Erfahrungen die übrigen Elementargewebe des thierischen Körpers bereits ihre vollständige intensive Ausbildung erlangt haben, und nur extensiv (der Grösse nach) sich noch entwickeln.

2. Diese Primitivfasern sind zuerst varicos und marklos. Die meisten von ihnen gehen durch die Mittelstufe der Uebergangfasern, die sich als solche nicht bloss dem Raume, sondern auch der Zeit nach bewähren, in die Form der cylindrischen über, von denen sich manche mit einem, im weiteren Verlaufe des Lebens immer dichter werdenden Mark füllen, manche scheinbar marklos, wenigstens wasserhell bleiben.

3. Die Primitivfasern scheinen nach den vergleichenden Messungen bei dem Wachsen des Thieres nicht an Zahl, sondern nur in ihrem Durchmesser zuzunehmen.

In späteren Arbeiten beschrieb dann Remak*) (diese und die folgenden Angaben bis 1876, citirt nach Axel Key und Retzius Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes) die nach ihm benannten organischen Fasern; er fand, dass dieselben nicht nur den Sympathicus bilden, sondern außerdem in allen cerebrospinalen Nerven vorhanden sind.

Schwann**) wies nach, dass die von Remak beschriebenen feinsten mit Zellkernen besetzten organischen Fasern ganz dem frühen Zustand der weissen Nervenfasern gleichen; bei den Remak'schen Fasern kommt es entweder gar nicht oder erst viel später zur Bildung der weissen Substanz.

Dass das coagulirende Mark besonders bei jungen Thieren Varicositäten bildet, betonte Hannover***); auch er fand in den meisten Nervenzweigen, auch in den hinteren Nervenwurzeln, geringe Mengen vegetativer Fasern.

Die von Schwann bei embryonalen Nervenfasern, von Rosenthal in cerebrospinalen Nerven öfter gefundenen Kerne der Nervenfaserscheiden konnte Kölliker†) in den Nervenstämmen erwachsener Thiere nicht nachweisen. In den peripherischen Nerven fand er marklose, die nur eine Nervenscheide und

*) Froriep's Notizen 1837 und Observationes anatomicae et microscopicae de systematis nervosi structura. Berolini 1838.

**) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und der Pflanzen. Berlin 1839.

***) Mikroskopische Undersögelser af Nerves systemet. Kjöbenhavn 1842.

†) Mikroskopische Anatomie Bd. II. Erste Hälfte. Leipzig 1850.

einen der Axenfaser der anderen Röhren bald ganz gleichen, bald ähnlichen helleren Inhalt besitzen.

Nach Gerlach *) ist die Hülle oder Scheide der Nervenprimitivfasern structurlos, häufig jedoch leicht granulirt; die Kerne in derselben werden nur an jugendlichen Fasern beobachtet. Sharpey **) betont, dass in manchen cerebrospinalen Nerven auch die grauen oder gelatinösen Fasern vorkommen, meist aber in viel geringerem Verhältniss. Er meint, dass viele der schmäleren Fasern durch die Manipulationen bei der Untersuchung varicos werden. Ebenso hält Frey ***) die an den feinen, dunkelrandigen Nervenfasern vorkommenden Varicositäten für Kunstproducte.

Reissner †) wies nach, dass die spindelförmigen oder länglich runden Kerne der Primitivscheiden besonders reichlich an den feinen Fasern vorhanden sind.

Frommann ††) erwähnt frei hervortretende Axencylinder in den peripherischen Nerven und constatirt an denselben durch Behandlung mit Silberlösung Querstreifung.

In einer späteren Arbeit äussert sich Kölliker †††) über die Kerne der Primitivscheide „an der Innenseite der homogenen Primitivscheide, in Wirklichkeit aber wahrscheinlich in ihrer Substanz, finden sich bei allen Nervenröhren Zellkerne von länglich runder Gestalt“. Die varicöse Beschaffenheit vieler Nervenröhren entsteht nach ihm künstlich durch Veränderungen des Markes.

Max Schultz *†) erkannte in den peripherischen Nerven markhaltige und marklose Fasern.

Ranvier **†) wies nach, dass an den Stellen der von ihm entdeckten Einschnürungen die Markscheide gewöhnlich unterbrochen ist.

In einer späteren Arbeit sagt er ***†) „an myelinfreien oder Remakischen Fasern fehlen die Erscheinungen; alle myelinhaltigen Fasern besitzen dagegen solche“.

Axel Key †*) und Retzius machen in ihrem berühmten Werke über die

*) Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des menschlichen Körpers. Zweite Auflage. Mainz 1854.

**) Quain's Elements of Anatomy. Sixth Edition. Vol. I. 1856.

***) Histologie und Histochemie des Menschen. Leipzig 1859.

†) Archiv für Anatomie und Physiologie und für wissenschaftliche Medizin. 1861.

††) Archiv für Anat. und Physiol. und für klinische Med. Bd. 31. 1864.

†††) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Auflage. 1867.

*†) Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Band I. 1866 bis 1871.

**†) Comptes rendus hebdom. des Séances de l'Acad. des Sciences.

***†) Arch. de Physiologie norm. et pathol. T. IV. Mars 1872.

†*) I. c. und Nordiskt Medicinskt Archiv Bd. IV. No. 21 und 25. 1872. Deutsch übersetzt im Archiv für mikrosk. Anatomie Bd. IX. 1873.

Anatomie des Nervensystems einige für uns besonders wichtige Angaben, die ich hier wörtlich wiedergebe.

„Die breiteren und die schmäleren Fasern kommen in den meisten Nervenbündeln auf einander vermischt vor; bald sind die breiteren überwiegend, bald die schmäleren.

Die Kerne der schmäleren mit Myelinscheide versehenen Fasern liegen in kürzerer Entfernung von einander und haben gewöhnlich eine geringere, nicht selten gar keine protoplasmatische Umgebung, woneben die Einschnürungen dieser Fasern oft nicht so stark ausgeprägt und im Allgemeinen ihre Schwann'sche Scheiden schwer wahrzunehmen sind. Zunächst um isolierte Axencylinder sahen wir bisweilen eine körnige, scheidenförmige Bildung, die mit Myelin nicht übereinzustimmen schien und am optischen Querschnitt der Cylinder eine Menge dichtstehender feiner Punkte, welche das Aussehen von feinen optischen Faserquerschnitten hatten.

Ausser diesen mit Myelinscheide versehenen Nervenfasern finden sich mehr oder weniger zahlreich in den Bündeln der verschiedenen Nervenstämmen eine andere Art von Nervenfasern ohne Myelinscheide, welche man beim ersten Betrachten kaum als Nervenfasern erkennt. Sie bestehen nämlich aus äußerst schmalen cylindrischen, gleich breiten, etwas glänzenden Fasern, an welchen man eine Schwann'sche Scheide nicht deutlich wahrnehmen kann, obwohl eine solche aus mehreren Gründen unzweifelhaft vorhanden ist. In gewissen Entfernungen besitzen auch diese Nervenfasern die länglichen Kerne, entbehren aber in der Regel der protoplasmatischen Umgebung um dieselben. Einschnürungen konnten wir an diesen Fasern nicht finden. Uebrigens sind auch die fraglichen Fasern von etwas, wenn auch nur wenig verschiedener Dicke, und die schmalsten mit Myelinscheide versehenen Fasern bilden gewissermassen eine Art Uebergang zwischen ihnen und den breiteren myelinhaltigen Fasern. Die soeben geschilderten Fasern kommen, wie erwähnt wurde, nicht in allen Bündeln peripherischer Nerven vor, und wo sie vorkommen, sind sie in verschiedener Anzahl vorhanden“.

Die protoplasmatische Zone in der Umgebung der Kerne der Schwannschen Scheide schildern Key und Retzius in eingehender Weise „diese Kerne, die oft eine ansehnliche Grösse haben, sind fast constant von einer Art Protoplasmazone umgeben, die aus einer Ansammlung von Körnern besteht, welche theils ganz klein und dichtliegend, theils grösser und von einem eigenthümlichen, gelblichen Glanz ist. Diese körnige Ansammlung ist dicht an der Innenseite der Scheide, zwischen ihr und dem Myelin gelagert; sie liegt um die erwähnten Kerne, besonders an deren Enden und erstreckt sich von ihnen als eine längliche Scheibe in der Längenrichtung der Nervenfasern. Bisweilen kann diese körnige Scheibe eine bedeutende Länge haben und bisweilen geht sie fast rings um die Peripherie der Nervenfasern.“

Wir haben sie beim Menschen, sowohl bei älteren als jüngeren Individuen sehr ausgeprägt gefunden; bei kleinen Kindern war sie gewöhnlich sehr reichlich. Ausserdem sieht man nicht selten in der Nähe jener eine

oder mehrere runde Kugeln zwischen dieser Scheide und der Myelinscheide liegen“.

S. Mayer*) fand in Froschnerven breite Nervenfasern, die streckenweise markhaltig waren, um plötzlich in Fasern überzugehen, deren Schwann'sche Scheide mit einer granulirten Masse gefüllt ist, die ganz durchsetzt ist von feinen, glänzenden, stark lichtbrechenden Körnchen. Das Bild soll ganz dem gleichen, welches Nerven einige Tage nach der Durchschneidung darbieten. Analoge Bildungen im peripherischen Nervensystem sollen schon von Leydig bei Salamandra maculata und von Courvoisier als „Uebergangsformen“ beschrieben sein.

Ferner schildert Mayer in normalen menschlichen peripherischen Nerven vorkommende Fasern, die sich von den anderen dadurch unterscheiden, dass sie wesentlich schmäler sind, zweitens, dass sie immer in Bündeln zusammenliegen, und drittens, dass sie sehr reich sind an kleinen Kernen der Schwann'schen Scheide. Aus der Aehnlichkeit, welche diese Fasern mit neu gebildeten Fasern aus dem peripherischen Stumpf durchschnittenen Nerven haben, folgert Mayer, dass es sich in unversehrten Nerven auch um jugendliche Fasern handelt. Er sieht diese Fasern für das Product einer während des normalen Lebens vor sich gehenden Entwicklung an.

Aus der Arbeit Kuhnt's**) „die peripherische markhaltige Nervenfaser“ gebe ich die uns besonders interessirenden Thatsachen wieder. „Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass zuweilen in Zerzupfungspräparaten vom N. ischiadicus des Frosches marklose Fasern gefunden werden, die eine bestimmte Strecke jederseits vom ovalen Kern markhaltig waren. Die Endigung des Markes fand allmälig oder auch plötzlich durch Uebergang in eine granulirte Masse statt. Häufiger als diese Species wurden feine und feinste markhaltige Fasern angetroffen, die allmälig oder plötzlich ihr Mark verloren und gleichfalls in eine scheinbar protoplasmatische Substanz übergingen. Kuhnt ist geneigt, diese Eigenthümlichkeit der Fasern als auf einen gewissen De- resp. Regenerationsprocess beruhend anzusprechen.“

Als Entfernung zwischen zwei Ranzier'schen Einschnürungen giebt dieser Autor 0,5—1,3 Mm. an. „Es sei aber besonders betont, dass diese ganz allgemeine Massangabe relativ normalen und ausgewachsenen Individuen und zwar Fasern mittleren Kalibers entnommen wurde. Bei Embryonen und noch im Wachsthum Begriffenen sind dieselben proportional dem Alter und der Entwicklung resp. der Feinheit der Fasern kleiner.“

Kuhnt betont, dass sich an den Stellen der Ranzier'schen Einschnürungen Unterbrechungen des Markes finden. „Es darf als sicher bezeichnet werden, dass diese sogenannten Einschnürungen keineswegs das primäre die

*) Die peripherische Nervenzelle und das sympathische Nervensystem. Dieses Archiv Bd. VI. 1876.

**) Archiv für mikroskopische Anatomie XIII. 1877.

Markunterbrechung bedingende Moment sind, denn an embryonalen Fasern oder solchen, die noch im Wachsthum begriffen, sind sie nur äusserst schwach angedeutet. Ja es war an solchen Fasern häufig absolut gar keine Veränderung des Lumens der Scheide zu constatiren, und man konnte die Stelle der späteren Einschnürung nur aus der Lage der der Innenfläche der Scheide aufsitzenden Kerne und einem gewissen Fettmangel des von Strecke zu Strecke protoplasmatisch aussehenden Markes erkennen“.

Mit Ranzier, A. Key, Retzius und Mayer stimmt Kuhnt darin überein, dass sowohl Kerne als auch die protoplasmatischen Fortsätze derselben bei jüngeren Individuen grösser sind als bei ausgewachsenen.

In diesen protoplasmatischen Fortsätzen der Kerne fand Kuhnt häufig Myelintropfen, oft in Gruppen angeordnet, so dass sich ihm die Ueberzeugung aufdrängte, „dass man es hier mit einer Fettmetamorphose des Protoplasmas zu thun habe, oder mit anderen Worten, dass von diesen Stellen aus eine Neubildung des Markes vor sich geht, somit sich auch erklären lässt, dass bei im Wachsthum begriffenen Individuen der Kern, und in Sonderheit dessen Protoplasmazone so ungleich grösser ist, als bei ausgewachsenen und älteren“.

Pertik*) machte unter Waldeyer's Auspicien sehr eingehende Untersuchungen über die Einwirkung der Osmiumsäure auf das Nervenmark. Ich hebe aus zahlreichen interessanten Befunden nur Folgendes hervor:

Pertik hält die Myelintropfen nicht für durch Gerinnung bewirkte chemische Ausscheidungen, sondern vielmehr für abgeschnürte Myelinformationen des Markes, transitorische Formen der Verflüssigung, d. h. wahre Umgruppierungen des Markes, das Mark verbindet sich mit der Osmiumsäure unter Entwicklung von Myelinformationen.

Ferner hebt Pertik hervor, dass bis 24 Stunden post mortem die Markscheide intact bleibt.

Ranzier**) giebt in seinem grossen Werke ganz vortreffliche Abbildungen von mit Osmiumsäure behandelten Nerven, sowohl von Zupfpräparaten, als auch von Querschnitten.

Eine Nervenfaser aus dem Ischiadicus eines neugeborenen Kaninchens (T. I. Pl. I. Fig. 9) zeigt ausgebildete schwarze Markscheide und zwischen zwei Ranzier'schen Schnürungen einen auffallend grossen mit protoplasmatischer Masse umgebenen Kern, „la masse protoplasmique que l'on distingue autour du noyau est beaucoup plus étendue chez les jeunes animaux que chez les adultes, comme je l'ai indiqué et chez eux on la voit doubler la membrane de Schwann dans une certaine étendue“. Ein Querschnitt aus dem Ischiadicus eines Hundes (T. I. Pl. II. Fig. 7) ent-

*) Archiv für mikrosk. Anatomie. XIX. Bd. S. 183—233.

**) Leçons sur l'histologie du système nerveux. Paris 1878.

hält nur Nervenfasern mit schwarzen Markringen von verschiedener Stärke und in verschiedener Anordnung. Die Axencylinder erscheinen nicht gefärbt, ganz leicht granulirt.

Ein mit Pikrocarmin gefärbter Querschnitt des Hundeschiadicus (T. I. Pl. II. Fig. 4 et 8) zeigt sehr deutlich, dass an den Querschnitten, die in der Höhe einer Einschnürung getroffen sind, eine Markscheide nicht sichtbar ist.

Die Remak'schen mit Osmiumsäure behandelten Fasern (Pl. II. Fig. 9 T. I.) haben eine graugrünliche Färbung angenommen. Ueber den Durchmesser der Nervenfasern sagt Ranvier T. I. p. 110: „Dans une même espèce, le diamètre des tubes à myéline varie suivant l'âge. Ils s'accroissent à mesure que l'animal grandit, jusqu'à ce qu'il ait atteint son complet développement“.

Den histologischen Ergebnissen der Untersuchungen Schiefferdecker's entnehmen wir Folgendes:

1. „Bei Fasern, die wenig Mark besitzen (daher auch bei jugendlichen), sind die Stellen der Zwischenscheiben kaum schmäler, als die anderen und demgemäß zeigt auch die Schwann'sche Scheide kaum eine schwache Einkerbung an der betreffenden Stelle. Je mehr das Mark an Masse zunimmt, um so mehr wächst auch der Schlauch der Schwann'schen Scheide, welcher nur an der Stelle der Zwischenscheibe weniger zunimmt, da hier kein Mark liegt“.

2. Bei der Einwirkung gewisser coagulirender Flüssigkeiten schrumpft der Axencylinder, mitunter schlägt sich auch auf der Oberfläche desselben eine je nach dem Reagens vorschieden gut ausgebildete „Geriänselscheide“ nieder. Osmium zeigt dieselbe am besten.

3. Die Weigert'sche Hämatoxylin-Blutlaugenmethode färbt die markhaltigen Nervenfasern ganz verschieden, je nach dem chromsauren Salze, das zur Härtung gebraucht wurde. Eine bestimmte charakteristische Substanz, welche gefärbt wird, scheint nicht vorhanden zu sein, die Färbung ist an derselben Faser wechselnd und nicht ganz sicher.

Siemerling**) untersuchte in seiner eingehenden Arbeit über die menschlichen Rückenmarkwurzeln auch die vorderen und hinteren Wurzeln Neugeborener. Er fand, dass in den vorderen, der Hals- und Lendengegend entstammenden Wurzelfasern Neugeborener fast ohne Ausnahme alle Fasern einen Markring und verhältnismässig grosse Axencylinder haben, und dass das Mark bereits concentrische Schichtung zeigt. „An Präparaten, welche nach der Weigert'schen Methode behandelt sind, tritt in der Mehrzahl der Fasern das Mark schwarz gefärbt hervor, nur in wenigen ist der Inhalt der Fasern gleichmässig braun geblieben. Die Anzahl der Kerne ist eine geringe. In den hinteren Hals- und Lendenwurzeln sehen wir die Axencylinder meistens, das Mark noch nicht in allen Fasern ausgebildet. Der Reichthum an Kernen

**) Archiv für mikrosk. Anatomie. 302. Bd. 1887.

**) Anatomische Untersuchungen über die menschlichen Rückenmarks-wurzeln. Berlin 1887.

ist nicht bedeutend. Etwas weiter zurück stehen die vorderen und hinteren Dorsalnerven. Eine Differenzirung zwischen breiten und feinen Fasern, wie wir sie beim Erwachsenen ausgeprägt finden, lässt sich nicht constatiren. Alle Fasern haben hier einen ziemlich gleichen Breitendurchmesser. Zwischen theilweise entwickelten Nervenfasern sehen wir Lücken, welche sich darstellen als Hohlräume, an welchen noch keine gesonderte Markscheide, kein Axencylinder vorhanden ist. Die Kerne liegen an diesen Stellen leicht gehäuft, während sie zwischen den gut entwickelten Bündeln spärlich vorhanden sind“.

In seinen Untersuchungen über die Entwicklung der Markscheiden bei der Maus betont v. Lenhossek, dass ihm die bei seinen Untersuchungen fast ausschliesslich in Anwendung gebrachte Hämatoxylinfärbung bei jungen Exemplaren mitunter — ohne jede nachweisbare Ursache — nicht recht gelungen sei. „Hat man sich bei der Färbung noch so streng an die von Weigert angegebenen Vorschriften gehalten, so wird man doch zu seinem Ärger einige Serien unbrauchbar finden“.

In der vortrefflichen Gewebelehre des menschlichen Körpers von Kossel und Schiefferdecker^{**)} finden wir folgende Bemerkungen über das in der Entwicklung begriffene peripherische Nervensystem. „Die peripherischen Fasern besitzen, wenn sie auch im Beginne der Entwicklung nicht von einer Markscheide umgeben sind, doch schon sehr früh eine bindegewebige Hülle, später werden sie zu einem grossen Theil auch markhaltig“.

„Bei den niedersten Wirbelthieren, dem *Amphioxus*, den Cyclostomen, finden sich auch im ausgebildeten Zustande nur marklose Nervenfasern, also im Centralnervensystem nackte Axencylinder, bei den peripherischen Nerven umhüllt von der Schwann'schen Scheide. Es entspricht diese Thatsache dem entwickelungsgeschichtlichen Befunde bei den höheren Thieren“.

Der Zustand der peripherischen Nervenfasern als einfache Axencylinder mit Schwann'scher Scheide ist also im peripherischen Nervensystem der höheren Thiere nur ein vorübergehender. Ueber die Schwann'sche Scheide wird ausgesagt: „bei den Fasern junger Thiere, bei welchen die Markhülle noch wenig entwickelt ist, zeigt die Schwann'sche Scheide auch an den Stellen der Ranzier'schen Schnürringe kaum eine Verengerung“.

Der Durchmesser der markhaltigen Fasern soll bei ein und demselben Wesen sehr verschieden sein. „Einmal nehmen die Fasern im Laufe der Entwicklung an Dicke bedeutend zu, so dass z. B. im *N. oculomotorius* der Katze die Fasern des erwachsenen Thieres den 6- bis 8 fachen

^{*)} Untersuchungen über die Entwicklung der Markscheiden und den Faserverlauf im Rückenmark der Maus. Archiv für mikroskopische Anatomie. 1889. 33. Bd.

^{**)} Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Körpers von P. Schiefferdecker und A. Kossel. Braunschweig 1891.

Durchmesser haben gegenüber denen des neugeborenen. Zweitens aber liegen auch in den Nerven des vollständig entwickelten Körpers sehr verschiedene dicke Fasern nebeneinander, so dass Schwankungen von $1,8 \mu$ bis $23,8 \mu$ beim Menschen beobachtet werden. Zwischen der Grösse des erwachsenen Thieres und der Dicke der Nervenfasern scheint kein bestimmtes Verhältniss zu bestehen“.

Obersteiner*) giebt in seinem Werke die Abbildung einer peripherischen Nervenfaser vom neugeborenen Hund (S. 148); dieselbe ist zwar schon markhaltig, doch ist das Mark stellenweise noch derartig ungleichmässig abgelagert, dass die Faser dadurch einer varicösen Nervenfaser sehr ähnlich wird.

Wir sehen, um kurz das Ergebniss dieser Uebersicht zusammenzufassen, dass sich mannigfache Angaben über den Zustand der jugendlichen peripherischen Nervenfaser in der Literatur finden; es sind das fast durchgehends vereinzelte, kurze Bemerkungen, aus denen hervorgeht, dass die Markentwicklung bei der Geburt im peripherischen Nervensystem noch eine unvollkommene ist, und dass diese jugendlichen Fasern sich auch noch in anderen Punkten, von denen ich hier nur Reichthum und Grösse der Kerne, sowie ihre protoplasmatische Umgebung, unausgebildete Einschnürungen hervorhebe, von der erwachsenen Nervenfaser unterscheiden.

Nur Remak**) hat bisher den Zustand und die Entwicklung der jungen peripherischen Nervenfaser des Kaninchens in mehr systematischer Weise untersucht und bereits mehrere Stadien in der Entwicklung unterschieden. Seine Schlüsse konnte er jedoch nur in beschränkter Weise auf die Verhältnisse des in der Entwicklung begriffenen menschlichen peripherischen Nervensystems beziehen, da das Untersuchungsmaterial in quantitativer und qualitativer Weise zu mangelhaft war.

Weit weniger Angaben finden wir über die anatomischen Verhältnisse des Muskelsystems des Neugeborenen. Die Ausführungen Kölliker's***) fassen die spärlichen bekannten Thatsachen in Kürze zusammen; die wesentlichsten Punkte gebe ich der Schilderung Kölliker's folgend wieder:

*) Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane. 1892.

**) l. c. S. 13—18.

***) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 1889.

Anm. während der Correctur: Die neueren Ansichten Kölliker's über die Formelemente des Nervensystems, welche dieser Forscher in dem zweiten Bande (erste Hälfte) seiner Gewebelehre niedergelegt hat, konnten in dieser Arbeit leider nicht wiedergegeben werden, da der betreffende Band erst während der Correctur meiner Arbeit erschien.

„Beim Neugeborenen messen die Muskelfasern 12—15—19 μ , sind ohne Höhlung im Inneren, rundlich vtereckig, je nach Umständen längs- und quer gestreift beim Erwachsenen, mit ungemein leicht darstellbaren Fibrillen und noch mehr Kernen wie früher. Das Wachsthum der Gesammtmuskeln kommt vor Allem auf Rechnung der Längen- und Dickenzunahme der Primitivbündel“.

Energische Kernvermehrung beherrscht in manchen Fällen das gesamme Längenwachsthum, in anderen Fällen scheint die Kernwucherung auf bestimmte Stellen beschränkt zu sein.

Das Dickenwachsthum kommt zum guten Theil durch unmittelbare Zunahme der Muskelfasern zu Stande, indem dieselben beim Neugeborenen viel breiter sind, als beim zweimonatlichen Embryo und beim Erwachsenen ungefähr 5 mal mehr betragen, als beim Neugeborenen. Ob neben dieser Zunahme an Volumen auch eine Vermehrung der Muskelfasern an Zahl stattfindet, nachdem einmal die erste Anlage der Muskeln gegeben ist, ist eine schwer zu entscheidende Frage. Zählungen der Muskelfasern bei älteren und jüngeren Geschöpfen haben bisher keine sicheren Anhaltspunkte ergeben.

Beim Menschen soll nach Weismann und Kölliker in der embryonalen Zeit in den Muskelknospen eine Vermehrung der Muskelfasern durch Längsspaltung vorkommen. Am wahrscheinlichsten ist es, meint Kölliker, dass Muskelfasern auch beim Erwachsenen wie beim älteren Embryo nur entstehen durch Wachsthum schon vorhandener Fasern und durch Theilungen und Abspaltungen von solchen unter Mitbeteiligung von Kernwucherungen.

Eigene anatomische Untersuchungen.

I. Untersuchungsmaterial.

Es wurden Nerven und Muskeln von Kindern untersucht, die auf der geburtshülflichen Klinik oder der Kinderabtheilung der Charité gestorben waren. Die zu untersuchenden Organe wurden möglichst bald nach dem Tode der Leiche entnommen, nie später als 24 Stunden post mortem. Da die Untersuchungen zum grössten Theil im Spätherbst und Winter vorgenommen wurden, hatten wir es stets mit frischem Material zu thun. Kinder, die an schweren Infectionskrankheiten, oder nach längerem Siechthum zu Grunde gegangen waren, sowie pädatrophische Individuen wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Wir verwerteten vorwiegend Nerven und Muskeln von Kindern, die schnell an Darmaffectionen oder Bronchitiden gestorben waren. Ich wählte mit Vorliebe diejenigen Nerven und Muskeln, die auch Gegenstand der elektrischen Untersuchung gewesen waren, jedoch wurde die anatomische Untersuchung über ein weiteres Gebiet ausgedehnt. Von den Kindern, deren elektrische Erregbarkeit geprüft worden ist, starb keines, so dass ich elektrische und anatomische

Untersuchungen nicht bei ein und demselben Kinde ausführen und das Resultat vergleichen konnte.

Es kamen im Ganzen zur Untersuchung:

- 9 neugeborene Kinder (bei der Geburt oder gleich nach derselben gestorben),
- 2 einen Tag alte Kinder,
- 2 zwei Tage alte „
- 1 zehn Tage altes Kind,
- 1 vierzehn Tage altes Kind,
- 1 drei Wochen altes „
- 1 sechs „ „ „
- 1 drei Monat „ „ „
- 1 viereinhalb Monat altes Kind,
- 2 fünf Monat alte Kinder,
- 1 acht Monat altes Kind,
- 1 ein Jahr altes Kind,
- 1 zwei Jahr altes Kind,
- 1 drei Jahr altes Kind,
- 1 Erwachsener (45 Jahr alt).

II. Methode der Untersuchung.

Da sich bei den Untersuchungen der jugendlichen Nerven sehr bald herausstellte, dass die Beschaffenheit der Markscheide den wesentlichsten Factor für die uns interessirende Frage bildete, musste die Osmiummethode, welche von fast allen Autoren für die vorzüglichste zur Erforschung dieses Nervenbestandtheiles gehalten wird, in erster Linie in Anwendung gebracht werden.

Axel Key und Retzius*), die grossen Kenner des peripherischen Nervensystems, sagen von dieser Methode: „Das alle anderen Methoden übertreffende Erhärtungsmittel ist indessen die Ueberosmiumsäure; ohne letztere hätte man kaum eine sichere Auffassung in Bezug dieser Scheide erworben.“

Wir gingen folgendermassen zu Werke: Kleine, möglichst gleich lange Stücke der betreffenden Nerven wurden der Leiche vorsichtig entnommen, sorgfältig von Bindegewebe und etwa anhaftendem Fett befreit, sodann in eine 1 proc. Osmiumsäurelösung 24 Stunden eingelagert. Nach den eingehenden Versuchen Ravier's**) genügt diese Zeit für die Durchdringung kleiner, nicht zu dicker Nerven, mit der Flüssigkeit vollkommen. Wir hatten bei unseren Untersuchungen

*) l. c. S. 81.

**) Leçons sur l'histologie du système nerveux. I. p. 69.

jugendlicher Nerven nicht mit stärkeren Objecten zu thun, überzeugten uns aber in jedem Falle, der Vorschrift R anvier's folgend, dass der Querschnitt der Nerven nach 24 Stunden gleichmässig tiefschwarz gefärbt aussah. Da nach dieser Zeit, wie die schönen Versuche Per-
tik's*) zeigen, die Fixation des Nervenmarks eine vollständige ist, cadaveröse Veränderungen noch nicht vorhanden sind, brauchten wir Kunstproducte in den sich uns an Zupfpräparaten und Schnitten darbietenden Bildern nicht zu fürchten. Bei der Zerzupfung der Nervenfasern leisteten uns die von R anvier**) angegebenen Kautelen sehr gute Dienste. Auch bei den Quer- und Längsschnitten bewahrheitete sich die Bemerkung R anvier's***) „les coupes transversales doivent être extrêmement minces, autrement elles sont entièrement noires“.

Wir erreichten bei Paraffineinbettung mit dem Mikrotom ausserordentlich feine Schnitte von $5\text{ }\mu$ Dicke, die uns in jeder Hinsicht übersichtliche Bilder lieferten, während bei Celloidineinbettung die erforderliche Dünneit der Präparate nur selten erreicht wurde.

Zur Controlle und Erweiterung der Befunde an Osmiumpräparaten, sowie zur Feststellung des Verhaltens des jugendlichen Nervenmarks gegen andere Reagentien, behandelten wir die in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten und in Celloidin eingebetteten Nerven nach den verschiedensten Methoden, nach Weigert und Pal, mit Carmin-, Nigrosin-, Hämatoxylin-Färbungen. Zur Darstellung der Axencylinder wandten wir in einigen Fällen die von Platner angegebene, von Beer†) später practisch verwerthete Dinitroresorcinmethode an.

Die Muskeln wurden in der üblichen Weise mit Carmin und Hämatoxylin gefärbt.

Ehe ich zur Schilderung meiner anatomischen Befunde übergehe, möchte ich, um den Vergleich mit den jugendlichen Fasern zu erleichtern, in kurzen Zügen ein Bild der wichtigsten histologischen Elemente des normalen, erwachsenen menschlichen Nerven geben, wie sie uns nach 24 stündiger Behandlung in 1 prozentigen Osmiumsäure erscheinen. Ich folge hierbei der Schilderung von Axel Key††) und Retzius.

*) Archiv für mikroskopische Anatomie. XIX. Bd. S. 183—239 aus Waldeyer's Institut (Strassburg).

**) l. c. p. 55, 56.

***) l. c. p. 91.

†) Arbeiten aus dem Institut für Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems an der Wiener Universität. Herausgegeben von Prof. Obersteiner. 1892. S. 53.

††) l. c. p. 79—87.

Die Markscheide erscheint ganz homogen schwarz gefärbt. Ihre Dicke ist nicht nur an Fasern verschiedener Breite sehr verschieden, sondern sie ist auch an gleich dicken Fasern etwas wechselnd.

Innerhalb der äusseren Contour erscheint in verschiedener Entfernung eine zweite, wodurch die bekannte Doppelcontour entsteht. In normalem Zustande findet man nach vollkommen guter Osmiumhärtung die Myelinscheide homogen und mithin ohne alle und jede Structur, sowie — die Einschnürungsstellen ausgenommen — ohne Unterbrechung ihrer Substanz.

Constante nach Axel Key und Retzius normale Unterbrechungen der Markscheide finden sich in den Ranvier'schen Einschnürungen; die Lantermann'schen Unterbrechungen sind nach diesen Autoren wahrscheinlich Kunstproducte.

In der Mitte dieses durch Osmiumsäure stark schwarz gefärbten Hohlcylinders der Myelinscheide verläuft der Axencylinder. Dieser füllt gewöhnlich das Innere der Markscheide vollkommen aus, erscheint im Allgemeinen homogen und structurlos, mitunter leicht graulich gefärbt. Die Schwann'sche Scheide ist homogen, farblos, durchscheinend und gleichmässig dünn; gewöhnlich liegt sie der Myelinscheide dicht an, hier und da findet man sie von derselben etwas abstehend, so dass man dann ihre Existenz sicher nachweisen kann. An der Innenseite der Schwann'schen Scheide finden sich ovale bis kugelförmige Kerne von 0,008 bis 0,16 Mm. Durchmesser. Dieselben erscheinen glänzend und sind von einer protoplasmatischen gekörnten Zone umgeben, die besonders bei jugendlichen Individuen oft „ziemlich massenhaft“ vorhanden ist.

Die Kerne sind nicht regellos zerstreut, sie liegen in der Mitte zwischen zwei Ranvier'schen Einschnürungen, deren Entfernung von einander ziemlich dieselbe bleibt. Die Breite der Nervenfasern beträgt beim Erwachsenen im Durchschnitt 0,002—0,0168 Mm.

Ausser diesen Fasern finden sich in den meisten cerebrospinalen Nervenstämmen sogenannte myelinfreie Fasern; dieselben sind der Regel nach die schmalsten unter den Nervenfasern, ganz blass und farblos; durch Osmiumsäure werden sie schwach graugelblich, zuweilen etwas glänzend. In gewissen, fast regelmässigen Entfernungen finden sich an diesen Fasern länglich ovale Kerne, deren Grösse zwischen 0,0128 und 0,0192 Mm. schwankt: dieselben sind gewöhnlich breiter als die Fasern und stellen längliche knötchenartige Verdickungen an ihnen vor. Auch diese Kerne scheinen mitunter mit einem „schwachen Zellenprotoplasma“ umgeben zu sein.

Diese Fasern kommen im Allgemeinen sparsam vor; in einigen

Bündeln eines Nervenstammes sind sie etwas zahlreicher, in anderen nur sehr selten vorhanden: zuweilen vermisst man sie ganz. Bald liegen sie nur einzeln zwischen den Myelinfasern, bald, und zwar öfter, finden sich mehrere derselben zu Bündelchen gesammelt.

III. Protokolle der anatomisch untersuchten Fälle.

Erstes neugeborenes Kind.

Untersucht: N. *radialis*, *facialis*, *medianus*, *ulnaris*,
ischiadicus.

N. *radialis* (Zupfpräparat, Osmium). Das Mark erscheint an den meisten Fasern ungleichmässig, nicht continuirlich abgelagert; die Markscheiden sind streckenweis unterbrochen, zwischen dunkel gefärbten Partien sind helle marklose Stellen sichtbar. Diese Unterbrechungen sind unabhängig von den an den Ranzier'schen Einschnürungen constatirten Unterbrechungen der Markscheide. Das Mark hat durch Osmium nur zum Theil eine tiefschwarze Farbe angenommen. Einzelne Fasern haben in toto eine hellere, grünliche Farbe, während andere Fasern diesen grünen Farbenton nur streckenweis besitzen, streckenweis dagegen dunkel gefärbten Marksäum aufweisen. Nur in einzelnen Fasern treten die Axencylinder als heller gefärbtes Band hervor.

An den Fasern mit ausgebildetem Marksäum sind Ranzier'sche und Lantermann'sche Einschnürungen deutlich, undeutlich oder nicht erkennbar an den unausgebildeten Fasern. Varicöse Fasern sind häufig; sie sind gewöhnlich von feinstem Kaliber, besitzen nur zarteste schwarze Contouren. An gut isolirten Fasern treten die Kerne der Schwann'schen Scheide als auffallend grosse spindelförmige Gebilde hervor und sind von einer körnigen Zone umgeben. Die Länge der Kerne ist viel beträchtlicher, bei schmalen Fasern oft 5 mal so gross, als der Durchmesser der Fasern beträgt; Kerne von 10μ Länge nicht selten. Faserbreite $1,5-7,2 \mu$, durchschnittlich circa 3μ .

N. *facialis* (Zupfpräp., Osmium). Der Nerv erscheint bei schwacher Vergrösserung zusammengesetzt aus grünlich gefärbten Fasern. Bei starker Vergrösserung lassen viele Fasern streckenweis einen sehr zarten schwarzen Saum erkennen oder zeigen auf Strecken einen schwärzlichen, oft etwas körnigen Inhalt. Fasern mit gleichmässig ausgebildetem, tief schwarzem Marksäum sind nicht vorhanden; viele Fasern sind gleichmässig grünlich gefärbt. Kerne der Schwann'schen Scheide sehr voluminös.

Die Ranzier'schen und Lantermann'schen Einschnürungen wie beim Radialis. Zahlreiche varicöse feinste Fasern. Fasernbreite $1,8$ bis $7,2 \mu$, durchschnittlich ca. 3μ .

N. *facialis* (Querschnitt, Osmium), Bei schwacher Vergrösserung zeigt der Nerv ein fleckiges Aussehen, welches dadurch bedingt ist, dass grünliche hell gefärbte Partien mit dunkelschwarz gefärbten abwechseln.

Bei starker Vergrösserung (Zeiss D, Ocul. 4) sieht man (vergl. Fig. 1 Taf. I.), dass die hellen Stellen aus Faserquerschnitten bestehen, die noch keine oder eine ganz schwache Markumbüllung erkennen lassen. Diese Querschnitte stellen Ringe mit grünlichen Contouren dar. In manchen dieser Fasern tritt der Axencylinder als grosse grünliche Scheibe hervor, in anderen als grünlicher, kleiner Punkt, in anderen wieder ist er durch Osmium nicht gefärbt, ferner findet man vereinzelt grünlich gefärbte Scheiben, freie Axencylinder, die nur hier und da eine schwache Andeutung einer beginnenden Markanlage rung in Gestalt einer dunkler gefärbten Peripherie besitzen. Die dunkel gefärbten Stellen bestehen zum Theil aus gut entwickelten Fasern mit starkem Markmantel, der bereits concentrische Schichtung erkennen lässt, zum Theil aus Fasern mit zarten dunklen Contouren. Eine scharfe Trennung der nicht entwickelten und der entwickelten Fasern in Gruppen besteht nicht, wenn auch häufig zahlreiche nicht entwickelte und zahlreiche entwickelte Fasern dicht bei einander liegen und dadurch eben das bei schwachen Vergrösserungen besonders deutliche fleckige Aussehen bedingen, so findet man doch auch unregelmässig in dem Nervenquerschnitt zerstreut entwickelte und unentwickelte Fasern. Faserquerschnitt $1,8-7,2 \mu$, durchschnittlich ca. 3μ . Entwickelte und nicht entwickelte Fasern zeigen diese verschiedenen Durchmesser.

Perineurium und Endoneurium stark entwickelt.

Die Gefässer ohne Besonderheiten.

N. medianus (Zupfpräp. Osmium). An einzelnen Fasern tritt besonders deutlich hervor, dass Strecken mit mehr oder weniger dunkel gefärbtem Saum in unregelmässiger Weise mit Strecken abwechseln, die gleichmässig weisslich oder grünlich gefärbt erscheinen. Nur in gleichmässig schwarz contourirten Fasern tritt mitunter ein Axencylinder deutlich hervor. Die tief-schwarze, gesättigte Farbe der durch Osmium gefärbten erwachsenen Nervenfasern zeigen auch die am stärksten dunkel gefärbten Stellen nicht.

Faserbreite $1,5-7 \mu$.

Durchschnittlich ca. 3μ .

Auf Querschnitten hat der Nerv bei schwacher Vergrösserung ein grünliches Aussehen, fleckig durch eingestreute schwärzliche Stellen. Bei starker Vergrösserung zeigen sich diese zusammengesetzt aus Nervenfasern mit schwarzen, theils ganz dünnen zarten, theils stärkeren Markringen. Zwischen diesen Fasern liegen sehr zahlreiche Querschnitte ohne dunkle Peripherie, sie erscheinen als helle Ringe mit grünlichen Contouren. Eine Regelmässigkeit in der Vertheilung der dunklen und der hellen Ringe ist nicht zu constatiren. Faserquerschnitt $1,5-7 \mu$.

Die Ringe ohne dunkle Peripherie sind überwiegend feine und feinste Fasern.

In Betreff der Kerne der Schwann'schen Scheide und der Einschnürrungen dasselbe Verhalten wie beim Radialis.

N. ulnaris und *N. ischiadicus* (Zupfpräp. und Osmiumquerschnitte) bieten dasselbe Bild.

Zweites neugeborenes Kind.

Untersucht: N. radialis, medianus, ulnaris.

N. radialis. Central beim Austritt aus dem Plexus (Zupfpräpar., Osmium). Nur ein kleiner Theil der Fasern zeigt durchweg tiefschwarze Färbung, viele Fasern sind streckenweis oder in ihrem ganzen Verlauf grünlich oder grau gefärbt. Dicht nebeneinander liegen schwarz contourte Fasern und Fasern ohne entwickelte Markscheide, letztere oft in kleinen Bündeln angeordnet.

Ranvier'sche Einschnürungen auch an den entwickelten Fasern mitunter wenig ausgeprägt, die Lantermann'schen Einkerbungen treten an diesen deutlicher hervor. Die Axencylinder treten in einem Theil der entwickelten Fasern durch hellgraue oder grünliche Färbung hervor.

Die Kerne der Schwann'schen Scheide sind sehr gross, Länge bis zu ca. 10 μ , sie scheinen besonders zahlreich an den unentwickelten hellen Fasern zu sein. Zwischen diesen Kernen an den grünlichen Fasern und in den grünlich gefärbten Strecken entwickelter Fasern keine Einschnürungen zu erkennen.

Die Schwann'sche Scheide an den grünlichen Fasern nur mitunter und streckenweis als sehr zartes Häutchen wahrzunehmen.

Varicöse schmalste Fasern sehr häufig, theils mit sehr dünnem Markmantel, theils ohne solchen.

Faserbreite 1,5—7 μ .

Durchschnittlich ca. 3 μ .

N. radialis in der Mitte seines Verlaufes (Zupfpräp., Osmium) bietet dasselbe Bild wie der centrale Theil dar.

N. medianus. Central beim Austritt aus dem Plexus (Zupfpräp. Osmium). (Fig. 4, Taf. III.) Sehr wechselvolles Bild: dicht bei einander liegen Fasern mit deutlichen schwarzen Contouren neben gleichmässig grünlich gefärbten Fasern. Dazwischen wieder zahlreiche Fasern, die streckenweis zarteste dunkle Contouren besitzen, streckenweis nichts von dunkler Peripherie erkennen lassen. Das dunkel gefärbte Mark tritt mitunter in Form von Klumpen und Tropfen innerhalb der Schwann'schen Scheide auf, besonders in der Gegend der Kerne. Die Kerne der Schwann'schen Scheide vornehmlich an den hellen Fasern zahlreich und gross; an diesen sind Einschnürungen nicht zu constatiren oder nur angedeutet.

Fasernbreite 1,2—7,2 μ .

Durchschnittlich ca. 3—4 μ .

N. medianus in der Mitte und an der Peripherie (in der Gegend des Handgelenks) an Zupfpräparaten (Osmium) ergibt dieselben Verhältnisse, nur sind die meisten Fasern an der Peripherie ausserordentlich fein, circa 1,5—2 μ .

N. ulnaris central in der Mitte des Verlaufs und an der Peripherie untersucht (Zupfpräp., Osmium) ergibt nichts vom Medianus Abweichendes.

Drittes neugeborenes Kind.

Untersucht: *N. medianus* und *ulnaris*.

Querschnitte (Färbung nach Weigert und Pal) zeigen, dass nur wenige Fasern tiefschwarze Markringe besitzen, die meisten Fasern haben an nach der Weigert'schen Methode behandelten Querschnitten einen mehr oder weniger dunkel bräunlichen Farbenton, nach der Pal'schen Methode einen grauen Farbenton angenommen.

Viertes neugeborenes Kind.

(Aussergewöhnlich stark entwickelt; Kopfumfang 36,7 Ctm., Länge 56 Ctm., Gewicht 7000 Grm.!) Untersucht: *N. ischiadicus* und *ulnaris*.

N. ischiadicus und *ulnaris* (Zupfpräp., Osmium). Die Nervenfasern haben keine tiefschwarze Färbung angenommen, erscheinen grau oder grünlich gefärbt; nur vereinzelte Fasern mit schwarzen Contouren. Das Nervenmark ist in vielen Fasern ungleichmässig abgelagert, zeigt varicöse Anordnung. Streckenweis erscheinen manche Fasern ganz hell.

In Betreff der Axencylinder, Kerne, Einschnürungen gelten die schon geschilderten Befunde.

Faserbreite 2—10,8 μ , durchschnittlich Fasern von ca. 4 μ .

N. ischiadicus (Querschnitt. Osmium). Bei schwacher Vergrösserung (Fig. 1, Taf. III.) haben die einzelnen Bündel ein grauweissliches oder grünliches Aussehen; man sieht, wie zwischen sehr zahlreichen feinen kleinen Ringen mit grünlichen Contouren zerstreut vereinzelte deutlich schwarz contourirte Ringe liegen.

Die bindegewebigen Septa treten sehr deutlich hervor. Bei starker Vergrösserung dasselbe Bild, wie der *N. ulnaris*.

N. ulnaris (Querschnitt. Osmium). Bei schwacher Vergrösserung erscheinen die einzelnen Nervenbündel grau oder grünlich gefärbt, mit einzelnen wie eingesprengten schwärzlichen Stellen. Bei starker Vergrösserung (Fig. 2, Taf. I.) zeigen sich die einzelnen Bündel als ein Gitterwerk, welches zusammengesetzt ist aus kleinen rundlichen Feldern. Diese Felder sind zum Theil weisse Stellen ohne dunkle Peripherie mit ungemein zarten grauen oder grünlichen Contouren.

Ferner findet man Faserquerschnitte, die in toto grünlich oder grau gefärbt sind. Sie unterscheiden sich von den spärlich vorkommenden freien Axencylindern durch die angedeutete concentrische Schichtung der grünlichen Substanz.

Nur vereinzelte Fasern zeigen eine oder zwei deutliche schwarze Contouren und lassen concentrische Schichtung erkennen.

Der Axencylinder ist in den meisten Fasern nicht gefärbt, in anderen, besonders den entwickelteren, erscheint er als grünliche oder graue Scheibe von relativ grossem Umfange, oder als kleiner grüner Punkt.

Die Mannigfaltigkeit in dem Aussehen und der Färbung der verschiede-

nen Fasern ist eine so grosse, dass ein für alle Formen treffendes Bild nicht entworfen werden kann.

Faserquerschnitt 1,5—10,8 μ . Durchschnittlich ca. 2—4 μ .

Interstitielles Gewebe reichlich, Septa gut entwickelt. Gefäße ohne Besonderheiten.

Fünftes neugeborenes Kind.

Untersucht: N. *radialis*, N. *medianus*, N. *ulnaris*, N. *ischiadicus*.
Von den Muskeln: M. *triceps*, M. *brach. int.*, M. *sartorius*.

N. *radialis* (Zupfpräp., Osmium). Zahlreiche Fasern haben auf ihrem ganzen Verlauf oder streckenweis keine schwarze Färbung angenommen; einzelne erscheinen ganz hell, weisslich durchscheinend, viele grünlich oder grau.

Breite 1,5—7,2 μ .

Durchschnittlich 3—4 μ .

N. *medianus* (Zupfpräp., Osmium) enthält zahlreichere Fasern mit deutlichen schwarzen Contouren. Auf dem Querschnitt (Osmium) sieht man viele Ringe mit fehlendem oder ganz zartem schwachem Saum, unter anderen deutlich schwarz contourirten Fasern. In der Markumhüllung ist zwischen den Fasern feinsten Calibers und den breiten Fasern kein durchgehender Unterschied vorhanden.

N. *ulnaris* (Querschnitt. Osmium) dasselbe Verhalten.

N. *ischiadicus* (Querschnitt. Osmium, Carmin, Hämatoxylin). Die Markentwicklung ist noch etwas weiter, wie im Medianus; es finden sich zahlreiche schwarze Fasercontouren im Querschnitt. Auf Carminquerschnitten von in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Präparaten ist das Nervenmark nur in einzelnen Fasern gelb gefärbt, die meisten Fasern haben einen röthlichen Farbenton angenommen, lassen keine concentrische Schichtung des Markes erkennen.

Die Axencylinder sind in allen Fasern roth gefärbt sichtbar. Mit Hämatoxylin gefärbte Querschnitte zeigen sehr zahlreiche grosse Kerne in dem starke Züge bildenden Endo- und Perineurium.

M u s k e l n.

M. *triceps* (Querschnitt. Carmin, Hämatoxylin). Besonders auffallend erscheint, dass die Muskelfasern zum grössten Theil rundlich oder kreisrund sind, nur ein kleiner Theil auch nur annähernd die polygonale Form der erwachsenen normalen Muskelfasern zeigt.

Die Cohnheim'schen Felder sind gut ausgeprägt. Querstreifung an längs getroffenen Fasern überall deutlich. Die Muskelkerne sind sehr zahlreich und gross; die meisten quer getroffenen Fasern weisen einen oder mehrere Kerne auf; an längs getroffenen Fasern finden sich die Kerne mitunter in Reihen (Zeilen) angeordnet, an einzelnen Fasern sind stellenweise mächtige Kernwucherungen wahrnehmbar, an verdickten Stellen der Perimysialscheide (Weismann'sche Fasern). Das interstitielle Gewebe sehr reich an Kernen.

Faserquerschnitt 3—10 μ .

Durchschnittlich Fasern von ca. 5 μ .

Auch der M. brach. int. und sartorius (Querschnitte, Carmin, Hämatoxylin) zeigen die rundliche, oft kreisrunde Form der Fasern sehr deutlich.

Die Muskelkerne sind im Verhältniss zum Durchmesser der Fasern sehr gross.

Längs getroffene Fasern zeigen ausgesprochendste Querstreifung, zahlreiche oft in Reihen angeordnete Kerne.

Faserdurchmesser 3—10 μ .

Durchschnittlich ca. 5 μ .

In allen diesen Muskeln finden sich viele Muskelknospen oder Spindeln (Kölliker, Kühne) — die neuromuskulären Stämmchen Roth's. Dieselben erscheinen als längliche oder rundliche Gebilde von ca. 40—70 μ Durchmesser. Sie bestehen aus einer starken Perimysiumhülle mit zahlreichen Bindegewebskernen, die in concentrischen Lagen angeordnet liegen. In dem Innern dieser geschichteten Hülle finden sich rundliche Muskelfaserquerschnitte in verschiedener Anzahl und Grösse (ca. 7—12 μ Durchmesser), mit theils wandständigen, häufig mit centralen Kernen; auch Anhäufungen von Kernen sieht man, die in Träubchen von 6—8 Stück zusammenliegen und den Faserinhalt ausfüllen. In der unmittelbaren Umgebung der Knospen finden sich gewöhnlich Querschnitte von Gefässen und Nervenquerschnitte.

Sechstes neugeborenes Kind.

Untersucht: N. ulnaris, N. ischiadicus.

N. ulnaris (Zupfpräparat und Längsschnitt Osmium). Gleichmässig schwarz gefärbte Fasern sind nicht vorhanden, bei weitem die meisten Fasern haben eine heller oder dunkel grünliche Färbung angenommen oder zeigen nur streckenweis schwarze Contouren.

In Betreff der Axencylinder, der Kerne und der Einschnürungen dieselben Verhältnisse wie bei den schon geschilderten Untersuchungen.

Auf Längsschnitten tritt dasselbe Verhalten deutlich hervor, kurze schwarze Strecken in den Fasern wechseln mit längeren grünlichen ab.

Faserbreite ca. 2—7 μ .

Durchschnittlich 4—5 μ .

N. ischiadicus (Querschnitt. Osmium). Die meisten Nervenbündel enthalten überwiegend Querschnitte von Fasern, die keine schwarzen Contouren erkennen lassen, Zwischen diesen hellen Kreisen finden sich in ganz unregelmässiger Weise eingestreut Querschnitte mit ganz schwachen schwarzen Contouren. Starke schwarze Markumhüllungen sind selten. Sowohl die hellen als auch die schwarzen Ringe zeigen die verschiedensten Caliber, ohne dass gerade die feinsten Fasern vorwiegend die hellen Ringe beträfen.

Die verschiedenen Nervenbündel zeigen nicht alle eine gleichmässige Entwicklung, in vereinzelten überwiegen die schwarzen Ringe dieselben Kreise an Zahl. Diese Bündel liegen unmittelbar neben solchen, die zum grössten Theil aus unentwickelten, marklosen Fasern bestehen.

In manchen Bündeln endlich ist die Zahl der entwickelten Fasern ungefähr gleich.

Faserbreite 2—7,2 μ .

Durchschnittlich 4—5 μ .

Siebentes neugeborenes Kind.

Untersucht: N. peroneus, N. ischiadicus, N. tibialis posticus.

N. peroneus (Zupfpräp., Osmium). Ein Theil der Fasern ist gleichmässig gelblich grün gefärbt, eine nicht unbeträchtliche Zahl von Fasern besitzt zarteste schwarze Contouren; viele Fasern sind streckenweis grünlich gefärbt, streckenweis haben sie dunkle Markmäntel. Im Innern mancher Fasern findet sich das Mark in Körnchen oder Klumpen angehäuft, besonders oft in der Umgebung der sehr grossen spindelförmigen Kerne der Schwann'schen Scheide. Diese erreichen mitunter eine Länge von 14,4 μ und auch ihre Breite übertrifft häufig den Durchmesser der schmalen Nervenfasern.

Besonders auffallend ist die verschieden weite Entwicklung dicht bei einander liegender Bündel desselben Querschnitts.

Fig. 2, Taf. III. zeigt dies Verhalten in sehr anschaulicher Weise.

Bündel a und b haben weit weniger Fasern mit schwarzen Markringen als Bündel c und d. Erstere haben bei schwacher Vergrösserung einen grünlich weissen, letztere einen schwärzlichen Farbenton.

N. isch. und N. tib. post. bieten dieselben Verhältnisse.

Achtes neugeborenes Kind.

(Kleines Kind, Länge 45,7 Ctm.)

N. medianus untersucht beim Austritt aus dem Plexus, in der Mitte des Verlaufs und an der Peripherie.

Dieser Nerv (Querschnitt. Osmium) beim Austritt aus dem Plexus ist zusammengesetzt aus Bündeln, die aus sehr feinen kleinen Fasern mit deutlichen schwarzen Markringen bestehen. Die Fasern liegen aber nicht dicht bei einander, sondern lassen zwischen sich bei schwacher Vergrösserung grünlich erscheinende Lücken erkennen. Bei starker Vergrösserung erkennt man in diesen Lücken noch zahlreiche feinste Faserquerschnitte, die keinen dunklen Marksauum besitzen.

Bemerkenswerther Weise sind diese aus unentwickelten Fasern zusammengesetzten Stellen an Schnitten aus der Mitte und den peripherischen Partien des Nerven weniger hervortretend.

Die untersuchten Querschnitte des Nerven besitzen, je mehr wir uns den peripherischen Ausläufern desselben nähern, desto mehr markhaltige Nervenfasern.

Faserbreite 1,5—3,5 μ .

Durchschnittlich feine Fasern von ca. 2 μ .

Neuntes neugeborenes Kind.

Untersucht: Plexus brachialis.

Nach Weigert gefärbte Querschnitte lassen die einzelnen Bündel bei schwacher Vergrösserung bräunlich gefärbt erscheinen. Bei starker Vergrösserung treten unter zahlreichen mehr oder weniger dunkel bräunlich gefärbten Ringen vereinzelte Faserquerschnitte mit schwarzen, aber grösstenteils sehr schmalen Markringen hervor. Stärkere schwarze Markscheiden sind nur spärlich vorhanden.

Nach Pal entfärbte Präparate haben bei schwachen Vergrösserungen einen grauen Farbenton. Bei starken Vergrösserungen findet man unter zahlreichen Fasern mit dunkel- oder hellgrauen Contouren vereinzelte Fasern mit deutlich schwarzen Markringen.

Mit Nigrosin gefärbte Querschnitte von in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Präparaten lassen in jeder Nervenfaser einen deutlich blau gefärbten oft auffallend grossen, wie gequollen aussehenden Axencylinder erkennen.

Die Umhüllungen dieser Axencylinder sind bläulich gefärbt oder zeigen einen leichten Stich in's Gelbliche, so dass bei schwacher Vergrösserung die einzelnen Bündel gleichmässig bläulich gefärbt erscheinen.

Vereinzelte Fasern zeigen bei starker Vergrösserung einen deutlich gelb gefärbten Markmantel, an diesen ist dann auch mitunter concentrische Schichtung des Markes vorhanden, welche die bläulich gefärbten Markscheiden nicht erkennen lassen. Vereinzelt sieht man grosse, wie gequollen ausschende freie Axencylinder.

Mit Carmin gefärbte Querechnitte (Fig. 3, Taf. III.) zeigen die Axencylinder intensiv roth, ihre Umhüllungen schwach rosa gefärbt. Einzelne Axencylinder sehr gross, wie gequollen.

Concentrische Schichtung des Marks nur in vereinzelten Fasern deutlich, in den meisten Fasern nur angedeutet oder fehlend.

Die Kerne des Endo- und Epineuriums (Hämatoxylinfärbung) sind auffallend zahlreich und gross. Die Bindegewebssepta sind im Verhältniss zur Grösse der Bündel sehr breit.

Faserbreite 2—7 μ .

Durchschnittlich ca. 3—4 μ .

Erstes einen Tag altes Kind.

Untersucht: N. medianus, radialis, ulnaris, ischiadicus, Musc. sartorius, brach. int., triceps brachii, biceps.

N. medianus (Querschnitt, Weigert). Bei schwacher Vergrösserung treten in allen Bündeln helle, bräunliche Stellen hervor.

Bei starker Vergrösserung lässt wohl der grösste Theil der Fasern einen schwarzen Markmantel erkennen, der aber bei vielen Fasern nur in einem ganz

schwachen schwarzen Saum besteht. In den helleren Stellen finden sich zahlreiche Fasern, die gleichmässig braun gefärbt sind, ferner sieht man zahlreiche kleine helle Querschnitte ohne dunklen Saum.

Nach Pal gefärbte Präparate lassen an Stelle der bräunlichen Fasern grau oder weisslich gefärbte Querschnitte erkennen.

Mit Carmin gefärbte Querschnitte erscheinen gleichmässig röthlich gefärbt. Gelbe Markmäntel mit concentrischer Schichtung des Markes nur sehr vereinzelt. Der Axencylinder in jeder Faser deutlich sichtbar.

Faserquerschnitt 1,5—5 μ .

Durchschnittlich ca. 3 μ .

N. *radialis* (Querschnitt, Nigrosin). Die Axencylinder treten blau gefärbt in der Mitte der leicht bläulich tingirten Markmäntel hervor; nur in einzelnen Fasern hat das Mark gelben Farbenton angenommen und erscheint geschichtet.

Faserbreite wie Medianus.

N. *ischiadicus* (Querschnitt, Carmin). Das Nervenmark hellrosa gefärbt, lässt nirgends concentrische Schichtung erkennen.

Axencylinder treten als tiefrothe Punkte in den einzelnen Fasern hervor. Faserbreite wie Medianus.

N. *ischiadicus* und *ulnaris* (Querschnitte, Hämatoxylin) zeigen sehr zahlreiche Kerne des Endo- und Perineuriums. Die bindegewebigen Septa sind auffallend breit.

M u s k e l n.

M. *sartorius* (Querschnitt, Hämatoxylin). Die Muskelfasern sehr deutlich rundlich, zum Theil kreisrund, mit zahlreichen grossen wandständigen mitunter auch central gelegenen Kernen; auch das interstitielle Gewebe zeigt grossen Kernreichthum.

Breite der Fasern 7—15 μ .

Durchschnittlich ca. 10 μ .

Ziemlich zahlreich grosse ganzrunde Fasern.

Besonders auffallend erscheint in diesem Muskel das häufige Vorkommen der schon S. 44 erwähnten Muskelknospen. In jedem Präparate sind einige dieser Gebilde sichtbar. Fig. 1, Taf. IV. giebt das Bild eines Theils des Muskelquerschnitts bei schwacher Vergrösserung wieder. Die rundliche Form der Muskelfasern, der Kernreichthum tritt deutlich hervor. Ferner sieht man bei m den Durchschnitt einer Muskelknospe, der bei n der Querschnitt eines Nerven, bei b der eines Blutgefäßes dicht anliegt. Im oberen Theil des Bildes sind ein quergetroffener Nerv und drei kleine Blutgefässe sichtbar.

Fig. 2, Taf. IV. zeigt die Muskelknospe m mit Nerv n und Blutgefäß b bei starker Vergrösserung. Sie ist umgeben von einer starken geschichteten bindegewebigen Hülle h mit zahlreichen Bindegewebskernen. Im Innern der grossen ca. 70 μ langen Knospe sind 14 rundliche Muskelfaserquerschnitte q sichtbar, die ziemlich gleichmässige Durchmesser von ca. 7 μ besitzen. Diese Fasern haben zahlreiche, grosse, zum Theil central gelegene Kerne k.

In der Umgebung der Knospe tritt die ründliche Gestalt der Muskelfasern, welche einen sehr verschiedenen Durchmesser haben, deutlich hervor.

Die in Fig. 7, Taf. III. abgebildete Muskelknospe m ist dadurch ausgezeichnet, dass in ihrem Innern zwei Querschnitte w_1 und w_2 von sogenannten Weismann'schen kernreichen Fasern sichtbar sind. Dieselben stellen trübchenartige Anhäufungen von Kernen dar (Kernnester Kähne's).

Im Uebrigen sind im Innern der Knospe einige ründliche Muskelfaserruerschnitte mit central gelegenem Kern vorhanden. n stellt den Querschnitt des anliegenden Nerven, b den eines Blutgefäßes dar.

M. brach. int., M. triceps brachii und M. biceps zeigen dieselben Verhältnisse, nur spärlichere Muskelknospen. Auf längsgetroffenen Fasern ist Querstreifung deutlich hervortretend.

Kerne des Sarcolemms sehr gross, zahlreich, mitunter in Reihen angeordnet, mitunter an einzelnen Stellen der Faser grössere Kernanhäufungen.

Faserbreite 4,5—12 μ .

Durchschnittlich ca. 10 μ .

Zweites einen Tag altes Kind.

Untersucht: N. ischiadicus und N. peroneus.

N. ischiadicus (Osmium, Zupfpräp.) Fig. 5, Taf. III. Zwischen Fasern mit sehr zarten dunklen Markscheiden a liegen Fasern mit stärkeren schwarzen Contouren b, sowie solche, die gleichmässig grün gefärbt erscheinen, c ohne dunklen Marksbaum. In letzteren ist eine Differenzirung von Mark und Axencylinder nicht vorhanden. Die etwas entwickelteren Fasern a lassen den Axencylinder als grünlich gefärbtes Band α erkennen, während die Fasern mit stärkeren Markscheiden den gewöhnlichen grauen Farbenton β desselben zeigen. Die Kerne der Schwann'schen Scheide k treten als grosse, spindelförmige, gekörnte Gebilde hervor. Sie erscheinen besonders zahlreich an den Fasern mit unausgebildeter Markscheide, man findet mitunter 3—4 Kerne dicht bei einander liegen, ohne dass eine Ranzier'sche Einschnürung zwischen ihnen sichtbar ist. Die Länge der Kerne ist oft eine sehr beträchtliche im Verhältniss zum Durchmesser der Fasern; feine Fasern mit einem Durchmesser von 2 μ enthalten Kerne von über 10 μ Länge. Die grösste Breite der Kerne ist ca. 3,6 μ .

Körnige (protoplasmatische?) Anhäufungen p in der Umgebung der Kerne sind deutlich hervortretend. Lantermann'sche Unterbrechungen deutlich erkennbar, Ranzier'sche Einschnürungen nicht erkennbar.

N. peroneus (Querschnitt, Osmium). Die einzelnen Bündel erscheinen grünlich gefärbt. Bei starken Vergrösserungen tritt das schon geschilderte Bild hervor: spärliche Fasern mit deutlichen schwarzen Markringen, unregelmässig zerstreut zwischen Fasern mit ganz schwacher oder fehlender Markscheide.

Faserdurchmesser 1,5—4 μ .

Durchschnittlich sehr feine Fasern von ca. 2 μ .

Erstes zwei Tage altes Kind.

Untersucht: N. *radialis*, *medianus*, *ulnaris*, *tibialis post.*, *Peroneus*. *Musc. brach. int.*, *triceps*, *gastrocnemius*, *sartorius*.

N. *radialis* (Zupfpräp. Osmium). Nur wenige Fasern haben einen deutlich schwarzen Saum auf längeren Strecken ihres Verlaufs angenommen; die meisten Fasern zeigen schwarze Contouren nur stellenweise, um grünlich oder grau gefärbt weiter zu verlaufen. Einzelne Fasern sind in toto gleichmässig grünlich gefärbt. Diese unausgebildeten Fasern lassen Ranzier'sche Einschnürungen nicht erkennen, mitunter sieht man stellenweise eine zarte Schwann'sche Scheide. Die Kerne derselben treten deutlich hervor, sie sind von beträchtlicher Grösse.

Nur in den ausgebildeteren ist der Axencylinder erkennbar als grünliches oder graues Band.

Es finden sich sehr viel feinste varicöse Nervenfasern.

Faserbreite 2—7 μ .

Durchschnittlich 3—4 μ .

Auf dem Querschnitt (Osmium) ist besonders auffallend die verschiedene Entwicklung dicht bei einander liegender Nervenbündel desselben Querschnitts. Bei schwacher Vergrösserung sieht man grünlich oder grau ausschende Bündel zwischen anderen, die deutlich schwarzen Farbenton besitzen.

Bei starker Vergrösserung erkennt man in den hellen Bündeln auch nur spärliche zarte schwarze Markringe zerstreut unter zahlreichen Ringen mit hellen Contouren.

Die dunkler gefärbten Bündel enthalten sehr viele Fasern mit deutlichem schwarzem Markmantel, zwischen anderen, die nur sehr zarte schwarze Contouren besitzen und solchen, die noch nichts von einem Markmantel erkennen lassen.

Mit Dinitroresorcin gefärbte Querschnitte dieses Nerven lassen in jedem Faserquerschnitt einen grün gefärbten Axencylinder deutlich erkennen.

Mach Weigert behandelte Querschnitte lassen das Mark in den meisten Fasern bräunlich gefärbt erscheinen, schwarze Markringe sind selten.

Auf Carminquerschnitten treten die Axencylinder deutlich hervor im Centrum von röthlich gefärbten Markringen, die concentrische Schichtung nicht oder nur andeutungsweise erkennen lassen.

Faserbreite 1,5—7 μ .

Durchschnittlich ca. 3 μ .

N. *medianus* (Querschnitt, Osmium). Dieselben Verhältnisse wie beim N. *radialis*, es treten grünlich gefärbte Stellen in den einzelnen Bündeln hervor, die sich bei starker Vergrösserung in dicht bei einander liegende Faserquerschnitte auflösen, die keine dunkle Markscheide besitzen.

Faserbreite wie der Radialis.

N. *ulnaris* (Zupfpräp. Osmium und nach Pal entfärbte Querschnitte). Dieselben Verhältnisse wie der N. *radialis*.

N. tibialis post. und N. peroneus (nach Weigert und Pal behandelte Querschnitte) zeigen eine beträchtliche Anzahl grau oder bräunlich gefärbter Fasern zwischen dunklen Markringen.

Faserbreite 2—8 μ .

Durchschnittlich ca. 4 μ .

M u s k e l n.

M. brach. int. (Carmin, Hämatoxylin). Die meisten Fasern rundlich, viele kreisrund.

Auffallend ist der verschiedene Durchmesser der Fasern; Fasern von 23 μ liegen dicht neben solchen von 7 μ Durchmesser.

Durchschnittlich Fasern von ca. 11 μ Durchmesser.

Die Querstreifung ist überall gut entwickelt. Die Sarcolemmkerne sehr reichlich, auffallend voluminos, liegen auf Längsschnitten mitunter in Reihen angeordnet oder bilden stellenweise grössere Anhäufungen.

Quergetroffene Fasern zeigen oft mehrere wandständige Kerne. Vereinzelte Muskelknospen sichtbar.

M. biceps, triceps, gastrocnemius und sartorius bieten dieselben Bilder.

Zweites zwei Tage altes Kind.

Untersucht: N. ischiadicus und ulnaris.

N. ulnaris (Osmium-Längsschnitt). Fig. 6, Taf. III. Zwischen Fasern mit gut entwickelter Markscheide liegen zahlreiche andere, die nur einen ganz zarten schwarzen Saum besitzen oder nur streckenweise Markumhüllung zeigen. Viele andere, besonders dünne Fasern, die oft in kleinen Bündeln liegen, erscheinen hellgrau oder grünlich getärtzt.

Es sind variose Fasern vorhanden.

Die Kerne der Schwann'schen Scheide besonders an den unentwickelten Fasern zahlreich und gross, oft von einer körnigen (protoplasmatischen?) Zone umgeben.

Ranvier'sche und Lantermann'sche Einschnürungen sind nicht sichtbar. Die Axencylinder haben einen grauen oder grünlichen Farbenton angenommen.

Faserbreite 2—7 μ .

Durchschnittlich feine Fasern von ca. 2—3 μ .

N. ulnaris (Osmium-Querschnitt). In allen Bündeln zahlreiche Querschnitte mit gut ausgebildeten Markringen, zwischen denen ganz unregelmässig zerstreut viele helle Querschnitte und solche mit zartesten dunklen Contouren liegen. Einzelne Bündel sind mehr, einzelne weniger ausgebildet.

Es überwiegen in allen Bündeln feine Fasern.

N. ulnaris (Querschnitt, Dinitroresorcin). Die Axencylinder erscheinen deutlich als grün gefärbte Punkte in Contouren von hellen Kreisen.

N. ischiadicus (Längsschnitt, Osmium) bietet dieselben Verhältnisse wie der Ulnaris.

Kind, zehn Tage alt.

Untersucht: *N. ulnaris*, *M. peroneus long.*, *M. radialis int.*

N. ulnaris (Querschnitt, Osmium). Ein Theil der Nervenbündel ist zusammengesetzt aus dicht bei einander liegenden schwarz gefärbten Markringen. Ein grosser Theil der Bündel zeigt kleine helle Lücken, die aus unausgebildeten Nervenfasern ohne dunkle Markscheiden zusammengesetzt sind.

Faserquerschnitt 1,5—7 μ .

Durchschnittlich ca. 3—4 μ .

M. radialis int. (Carmin, Hämatoxylin). Fasern meistentheils rundlich, polygonale Form selten ausgebildet.

Cohnheim'sche Felder deutlich. An längsgetroffenen Fasern gute Querstreifung. Sarcolemmkerne sehr zahlreich und gross, die rundlichen Querschnitte der einzelnen Muskelfasern erscheinen mitunter wie umspunnen von einem feinen blauen Netz, welches aus dicht bei einander liegenden Kernen gebildet ist. An Längsschnitten mitunter in Reihen oder Haufen angeordnete Kerne. Auf Querschnitten finden sich vereinzelte Muskelknospen. Interstitielles Gewebe sehr kernreich.

Faserquerschnitt 9—20 μ .

Durchschnittlich ca. 12 μ .

Kind, vierzehn Tage alt.

Untersucht: *N. ischiadicus*, *facialis*, *ulnaris*.

N. ischiadicus (Zupfpräp. Osmium). Einzelne Fasern haben bereits auf ihrem ganzen Verlauf deutlich schwarz gefärbte Markscheiden; in jedem Gesichtsfeld zahlreiche Fasern, die streckenweis schwarze Contouren zeigen, streckenweis grau oder grünlich gefärbt erscheinen. Wo eine Markscheide vorhanden ist, ist sie gewöhnlich ungemein zart und dünn. Oft findet man Bündel von schmalen gleichmässig grün gefärbten Fasern dicht bei einander liegen. Diese Fasern zeigen keine oder undeutliche Einschnürungen, dagegen zahlreiche grosse Kerne der Schwannschen Scheide.

Die Axencylinder sind theils nicht gefärbt, theils haben sie einen grauen und in vielen Fasern grünlichen Farbenton angenommen.

Durchmesser 2—7 μ .

Durchschnittlich ca. 4 μ .

N. facialis und *N. ulnaris* (Zupfpräp. Osmium). Dieselben Verhältnisse, nur sind die schmalen Fasern zahlreicher vertreten mit Durchmessern von ca. 4 μ .

N. ischiadicus (Querschnitt, Osmium). In jedem Bündel finden sich, bald in grösserer, bald in geringerer Anzahl Fasern mit starken schwarzen Markscheiden. Zwischen diesen zerstreut zahlreiche feine helle Querschnitte und Fasern mit ganz schwachen dunklen Contouren.

Die entwickelten Fasern haben einen Durchschnitt von ca. 7—10,8 μ . Die hellen Fasern sind gewöhnlich sein 2—4 μ .

N. facialis (Querschnitt, Osmium). Dasselbe Verhalten, nur sind die einzelnen Nervenbündel kleiner als die des Ischiadicus und die feinen Fasern überweigend.

Kind, drei Wochen alt.

Untersucht: *N. radialis, ulnaris, ischiadicus, M. semitendinosus.*

N. radialis (Zupfpräp., Osmium). Eine beträchtliche Anzahl von Fasern erscheint doppelcontourirt; ein Theil der Fasern besitzt deutliche schwarze Contouren, der grössere Theil jedoch nur sehr schmale schwarze Contouren.

Fast in jedem Gesichtsfeld Fasern, die nur streckenweis eine schwarze Markscheide besitzen, streckenweiss grünlich oder grau gefärbt sind. Auf ihrem ganzen Verlauf grünlich oder grau gefärbte Fasern, nicht so zahlreich wie beim Neugeborenen; varicöse Fasern finden sich vereinzelt.

Es sind auffallend viele grünlich gefärbte Axencylinder vorhanden.

Die entwickelten Fasern zeigen deutliche Ranzier'sche und Lantermann'sche Einkerbungen. Die Kerne scheinen besonders zahlreich an den grünlichen Faserstrecken zu sein.

Breite der Fasern 1,5—7,5 μ .

Durchschnittlich ca. 5—6 μ .

Querschnitte (Osmium) zeigen schon bei schwacher Vergrösserung zahlreichere dunkle Stellen, als die Osmiumquerschnitte der früheren Stadien. Die einzelnen Bündel haben ein sehr fleckiges Aussehen dadurch, dass diese dunklen Partien mit grünlich oder grau gefärbten abwechseln. In letzteren finden sich bei starker Vergrösserung dicht bei einander liegend helle kleine Kreise und zahlreiche grünliche oder grau gefärbte Scheiben. Die Fasern mit schwarzem Markmantel zeigen alle Uebergänge von zartesten schwarzen Contouren bis zu stärkeren schwarzen Ringen.

Die Axencylinder sind zum Theil gar nicht gefärbt, zum Theil haben sie einen grünlichen oder hellgrauen Farbenton angenommen, sie zeigen die verschiedenste Form und Grösse.

Fig. 3, Taf. I. ist nach einer Stelle des Querschnitts gezeichnet, in der die erwähnten grünlichen Scheiben in besonders grosser Zahl, oft dicht bei einander liegend auftreten, sie documentiren sich als freie Axencylinder (a, b, c), die an manchen Stellen eine beginnende Markanlagerung in Gestalt eines schmalen, dunklen, oft nur einen Theil der Peripherie einnehmenden Saums erkennen lassen. Mitunter ist eine zarte Schwann'sche Scheide sichtbar.

Diese freien Axencylinder haben eine beträchtliche Grösse, übertreffen mitunter die breitesten Fasern des Bündels an Durchmesser, sie erreichen einen Durchmesser von 12 μ .

Faserbreite wie an Zupfpräparaten.

N. ulnaris (Zupfpräp. und Querschnitt). Dieselben Verhältnisse.

N. ischiadicus (Querschnitt, Picrocarmin). Die meisten Fasern haben eine ganz schwach gelblich gefärbte Markscheide. Deutlich gelb gefärbte Markmäntel mit concentrischer Schichtung des Marks lassen nur vereinzelte Fasern erkennen.

Der Axencylinder tritt in allen Fasern deutlich hervor; es finden sich viele freie, wie gequollen ausssehende Axencylinder, als roth gefärbte runde Scheiben von beträchtlichem Durchmesser, bis 12μ .

Faserdurchmesser $1,5-7 \mu$.

Durchschnittlich $5-6 \mu$.

Querschnitte mit Nigrosin gefärbt: Während ein Theil der Fasern einen deutlich gelb gefärbten Markmantel besitzt, haben die meisten Fasern nur einen ganz schwach gelblich gefärbten schmalen Saum, der keine concentrische Schichtung erkennen lässt.

Die Axencylinder sind tiefblau gefärbt; in den einzelnen Bündeln sind in verschiedener Anzahl freie grosse Axencylinder vorhanden.

Bei Saffranin-Färbung zeigen sich die Markscheiden als zarte schwach rosa gefärbte Ringe, die nur selten concentrische Schichtung besitzen. Die Axencylinder sind deutlich roth gefärbt.

Mit Hämatoxylin behandelte Querschnitte weisen einen grossen Kernreichtum im Endo- und Perineurium auf. Die bindegewebigen Septa zwischen den einzelnen Bündeln sind breit.

M. semitendinosus (Carmin, Hämatoxylin). Die Fasern haben nur zum Theil polygonale Form, viele Fasern zeigen einen mehr oder weniger ausgesprochen runden Querschnitt. Die Muskelkerne sind sehr zahlreich, gross, an längsgetroffenen Fasern sieht man sie in Zeilen und Haufen liegend.

Muskelknospen finden sich in manchen Präparaten, aber spärlich.

Cohnheim'sche Felder, Querstreifung der Fasern deutlich.

Durchmesser $7-15 \mu$.

Durchschnittlich ca. 11μ .

Sechs Wochen altes Kind.

Untersucht: **N. medianus**, **N. ulnaris**, **N. ischiadicus**.

N. medianus (Zupfpräp., Osmium). Es finden sich vorwiegend schwarz contourirte Fasern, die Markscheiden der meisten dieser Fasern sind äusserst schmal. Stärkere Markumhüllungen selten. Vereinzelt trifft man Fasern, die streckenweis oder in toto gleichmässig grünlich gefärbt erscheinen.

Die doppelt contourirten Fasern zeigen den Axencylinder als helles oder grünlich gefärbtes Band in der Mitte, haben deutliche Ranzier'sche und Lantermann'sche Einschnürungen.

Faserquerschnitt $1,5-7,5 \mu$.

Durchschnittlich $4-5 \mu$.

Auf Querschnitten (Osmium) zeigen viele Bündel bei schwacher Vergrösserung ein fleckiges Aussehen, vereinzelte Bündel gleichmässig dunkle Färbung.

Dementsprechend finden sich bei starker Vergrösserung in den meisten Bündeln viele Fasern mit sehr zarter und einzelne ohne deutliche Markhülle, während nur wenige Bündel aus Fasern mit durchweg stärkeren Markhüllen zusammengesetzt sind.

In Fig. 4, Taf. I. finden sich nur vereinzelte helle Querschnitte; dagegen sieht man in sehr auffallender Weise zwischen den schwarzen Markringen zerstreut grosse, grünlich gefärbte, wie gequollen ausschende Axencylinder, deren Durchmesser oft dem der breitesten Fasern des betreffenden Bündels gleichkommt, bisweilen übertrifft (bis 12μ). Dieselben lassen mitunter eine umgebende zarte helle Scheide (Schwann'sche Scheide) erkennen. An vielen dieser Axencylinder ist eine beginnende Anlagerung von Mark zu constatiren in Form schwacher dunkler Contouren, die den Axencylinder theils als schmalste Ringe umgeben, theils als kleine Halbkreise angelagert erscheinen.

N. ulnaris (Querschnitt, Osmium) zeigt dasselbe Verhalten.

N. ischiadicus (Querschnitt, Osmium). Die meisten Bündel haben ein helles fleckiges Aussehen; helle Ringe mit schwachen oder fehlenden dunklen Contouren überwiegen die Fasern mit deutlicher Markentwicklung. Entwickelte Bündel finden sich nur vereinzelt.

Freie Axencylinder nicht so häufig wie im Medianus.

Faserquerschnitt $7,5-10 \mu$.

Durchschnittlich ca. $7,5 \mu$.

Auf mit Nigrosin gefärbten Querschnitten erscheinen die einzelnen Bündel bläulich, mit einzelnen, wie eingesprengten gelblichen Partien. Bei starken Vergrösserungen zeigen die Fasern der einzelnen Bündel theils einen bläulichen Farbenton, theils haben sie gelblich gefärbte Markscheiden. Die bläulichen Fasern liegen oft in kleinen Gruppen zusammen, nur spärlich finden sich ausgebildete Fasern mit intensiv gelbem Markmantel und deutlich geschichtetem Mark.

Ziemlich zahlreich finden sich freie Axencylinder in Gestalt grosser runder blauer Scheiben mit Durchmesser von ca. $8-10 \mu$.

Drei Monate altes Kind.

Untersucht: *N. radialis*, *N. ulnaris*.

N. radialis und *ulnaris* (Zupfpräp., Osmium). Grosse Strecken in jeder Faser zeigen tiefschwarze homogene Markumhüllung, streckenweis aber finden sich fast in jeder Faser hellere, gelb grünlich gefärbte Stellen ohne dunkle Contouren. In toto grünlich erscheinende Fasern und varicöse Fasern selten.

Faserbreite $1,5-8 \mu$.

Durchschnittlich ca. 5μ .

Auf Querschnitten (Osmium) sehen die einzelnen Bündel sehr fleckig aus, indem helle und dunkle Partien mit einander abwechseln. Bei starker Vergrösserung erscheinen in den hellen Stellen sehr zahlreiche, ganz feine Querschnitte von Nervenfasern, die noch keine oder sehr zarte Markscheiden erkennen lassen.

Die dunklen Partien bestehen aus tiefschwarzen Ringen, die dicht bei einander liegen.

Die Farbe dieser Ringe ist viel intensiver schwarz, als die dunkel gefärbten Markscheiden bis zur 3. Woche.

Bündel, die ganz oder zum grössten Theil aus solchen tiefschwarzen Ringen zusammengesetzt sind, sind nicht vorhanden.

Vereinzelt finden sich freie Axencylinder.

Faserdurchmesser wie an den Zupfpräparaten.

4¹/₂ Monate altes Kind.

Untersucht: *N. ulnaris*, *N. medianus*, *N. ischiadicus*.

N. ulnaris (Zupfpräp., Osmium). In jedem Gesichtsfeld zwischen zahlreichen Fasern mit guter Markentwickelung, helle grünliche Fasern mit fehlenden oder ganz schwachen dunklen Contouren.

Die unentwickelten Fasern liegen häufig in kleinen Bündeln zusammen.

Auf dem Querschnitt zeigen einzelne Bündel das Aussehen erwachsener ausgebildeter Nerven, die meisten Bündel weisen noch ungleichmässige Entwicklung der Markscheiden auf. Zahlreiche helle Querschnitte in Gruppen angeordnet oder vereinzelt finden sich zwischen Fasern mit entwickelter Markumhüllung; dadurch erhalten diese Bündel bei schwacher Vergrösserung ein fleckiges Aussehen. In den Bündeln findet man vereinzelt grosse, grünlich gefärbte Axencylinder; diese Axencylinder liegen zum Theil frei in der Schwann'schen Scheide, zum Theil lassen sie an einzelnen Stellen ihrer Peripherie einen ganz schwachen dunklen beginnenden Marksäum erkennen.

Breite der Fasern 2—10 μ .

Durchschnittlich ca. 7 μ .

N. medianus (Querschnitt, Osmium). Die Bündel zeigen eine weitere Entwicklung, wie die Bündel des *N. ulnaris*. Es finden sich mehr Bündel mit durchweg ausgebildeten Markscheiden, die hellen Fasern in den unentwickelten Bündeln weniger zahlreich. Faserbreite wie beim Ulnaris.

N. ischiadicus (Zupfpräp., Osmium). Dasselbe Bild wie der Ulnaris. Auf dem Querschnitt (Osmium) erscheint die Markentwickelung noch unregelmässiger und unvollständiger wie beim Ulnaris; Bündel mit gleichmässig entwickelten Fasern seltener.

Es finden sich zahlreiche, grosse, freie Axencylinder mit der ersten Andeutung der Markanlagerung. Faserbreite wie beim Ulnaris.

Erstes fünf Monate altes Kind.

Untersucht: *N. ischiadicus*, *N. peroneus prof.*, *M. gastrocnemius*.

N. ischiadicus (Zupfpräp., Osmium). Die meisten Fasern haben in ihrem ganzen Verlauf eine tiefschwarze Färbung angenommen. Das Mark erscheint gleichmässig abgelagert, varicöse Fasern sind selten. Der Axencylinder ist als helles, verhältnismässig breites Band in den doppelt contourirten Fasern sichtbar. In jedem Gesichtsfeld findet man noch einzelne hellere,

grünlich oder gelblich gefärbte Fasern und Fasern, die streckenweis keine dunklen Contouren erkennen lassen, streckenweis einen ganz zarten schwarzen Saum besitzen. Diese unentwickelten Fasern liegen mitunter in kleinen Bündeln zusammen.

Breite der Fasern 1,5—10,8 μ .

Durchschnittlich Fasern von 7—8 μ .

Auf dem Querschnitt (Osmium) zeigen die einzelnen Bündel eine ungleichmässige Entwicklung; zwischen zahlreichen dicht bei einander liegenden Fasern mit gut entwickelter Markscheide findet man hellere Stellen, in denen Fasern mit sehr schwachen Markringen und einzelne kleine Querschnitte ohne dunkle Peripherie liegen.

Vereinzelt finden sich freie Axencylinder.

Faserbreite wie beim Zupfpräparat.

Querschnitt (Nigrosin). Die einzelnen Bündel haben eine verschiedene Färbung. Eine Anzahl Bündel besteht aus Fasern mit deutlich gelben Markscheiden, die zum Theil concentrische Schichtung des Markes aufweisen. Andere Bündel sehen fleckig aus, indem gelbliche Stellen mit bläulichen abwechseln; letztere bestehen aus Fasern mit gleichmässig bläulichen Markscheiden ohne concentrische Schichtung.

Axencylinder deutlich blau gefärbt hervortretend; vereinzelte grosse freie Axencylinder sichtbar.

Faserbreite 2—11 μ .

Durchschnittlich 7—8 μ .

Auf nach Weigert behandelten Querschnitten zeigen die meisten Fasern der einzelnen Bündel schwarze deutliche Markringe. Zwischen diesen Fasern zerstreut finden sich einzelne bläuliche, mehr oder weniger hellgefärbte Fasern. In einzelnen Bündeln finden sich diese bläulichen Fasern zahlreicher und dichter bei einander liegend.

Nach Pal entfärbte Schnitte bieten dasselbe Verhalten, nur findet man hier statt der bräunlichen Fasern, Fasern von grauem oder weisslichem Farbenton. Faserbreite wie die Osmiumpräparate.

N. peroneus prof. (Osmium). Dasselbe Verhalten wie der *Ischiadicus*.

M. gastrocnemius (Carmin, Hämatoxylin). Die Fasern sind zum grossen Theil polygonal, es finden sich nur vereinzelt rundliche Querschnitte.

Die Kerne des Sarcolemms sehr zahlreich, ihre Grösse im Verhältniss zum Durchmesser der Fasern nicht mehr so auffallend, wie beim Neugeborenen.

Vereinzelt finden sich neuromusculäre Stämmchen.

Faserquerschnitt 10—20 μ .

Durchschnittlich ca. 15 μ .

Zweites fünf Monate altes Kind.

Untersucht: *Musc. sartorius* und *quadriceps*.

M. sartorius (Carmin, Hämatoxylin). Polygonale Form der Fasern deutlich, vereinzelt finden sich kreisrunde Querschnitte.

Die Faserquerschnitte zeigen sehr verschiedene Grösse — neben ganz kleinen Fasern von ca. 5 μ liegen Fasern von ca. 15 μ Durchmesser.

Durchschnittlich Fasern von ca. 9 μ .

In Betreff der Kerne und der Muskelknospen dieselben Verhältnisse wie beim vorigen Kinde.

Musc. quadriceps wie Musc. sartorius.

Acht Monate altes Kind.

Untersucht: N. ulnaris, medianus, ischiadicus, tibialis post.,
Musc. biceps.

N. medianus und ulnaris (Zupfpräp., Osmium). Die meisten Fasern haben starke schwarze Markscheiden; es finden sich aber auch grünlich gefärbte Fasern und solche, die nur streckenweis dunkle Contouren besitzen. Diese unausgebildeten Fasern liegen in Gruppen zusammen, zeigen sehr deutliche grosse Kerne. Ranvier'sche Einschnürungen an diesen Fasern nicht erkennbar.

Faserbreite 2—11 μ .

Durchschnittlich ca. 6—7 μ .

Fig. 5, Taf. I. Auf dem Querschnitt finden sich zwischen zahlreichen Ringen mit starken schwarzen Contouren viele helle vorwiegend kleine Querschnitte mit grünlicher Peripherie und Fasern mit sehr zartem dunklen Markmantel. Die hellen Querschnitte finden sich theils unregelmässig zerstreut zwischen den ausgebildeten Fasern, theils liegen sie zu mehreren zusammen in kleinen Gruppen.

Durch diese Anordnung erhalten die einzelnen Nervenbündel ein fleckiges Aussehen.

Das Aussehen der einzelnen Fasern ist nach Form, nach Zahl der sichtbaren dunklen Contouren ein äusserst mannigfaltiges.

Die Axencylinder sind zum grössten Theil nicht gefärbt, zum Theil erscheinen sie als grünliche oder graue Scheiben im Innern der Fasern. Vereinzelt finden sich freie Axencylinder.

Im Innern mancher Fasern sind kleine schwarze Markringe sichtbar, die wohl theilweise in anderen Ebenen liegenden Fasern entsprechen, oder von zufällig durch den Schnitt verschobenen Querschnitten herrühren.

Maasse wie am Zupfpräparat.

N. tibialis post. (Osmiumquerschnitt). Dasselbe Bild wie der Ulnaris.

N. ischiadicus (Querschnitt, Hämatoxylin) zeigt sehr zahlreiche grosse Kerne im Endo- und Perineurium; starke bindegewebige Septa.

Musc. biceps (Querschnitt Carmin, Hämatoxylin). Die Fasern sind polygonal, runde Fasern selten, man findet sie besonders im Innern der Muskelknospen, wo sie mitunter 8—10 an Zahl dicht bei einander liegen mit theils wandständigen, theils centralen Kernen. Die Kerne liegen öfters zu mehreren dichtgedrängt in kleinen Träubchen bei einander. An längsgetroffenen Fasern findet man Kernzeilen und Anhäufungen von Kernen an einzelnen Stellen.

Faserquerschnitt 10—20 μ .

Durchschnittlich ca. 15 μ .

Kind, ein Jahr alt.

Untersucht: N. medianus, ulnaris, tibialis posticus, facialis.
Musc. biceps.

N. medianus (Zupfpräp., Osmium). Die meisten Fasern gut entwickelt mit tiefschwarz gefärbtem, homogenem Markmantel. Bei der Durchmusterung verschiedener Präparate findet man Stellen, an denen Fasern zusammenliegen, die keine schwarze Farbe angenommen haben, sondern grauweisslich oder grünlich aussehen.

Faserdurchmesser 2—11,0 μ .

Durchschnittlich ca. 9 μ .

Querschnitt, Osmium. Fig. 6, Taf. I. Es finden sich auch hier, wie auf den Durchschnitten des Ulnaris (Fig. 2, Taf. I.), zwischen grösstentheils entwickelten Markringen helle Lücken, in denen Fasern mit grünlichen Contouren bei einander liegen. Diese Lücken sind nicht so zahlreich und so gross wie auf Fig. 2. Es finden sich in den einzelnen Bündeln also weniger unentwickelte Fasern, manche Bündel sind ganz aus entwickelten Fasern zusammengesetzt. Die Markscheiden haben an Dicke zugenommen, zeigen eine tiefschwarze, gesättigte Färbung.

Die Axencylinder sind theils ungefärbt, theils grünlich oder grau — vereinzelt sieht man freie Axencylinder, die aber hier nicht durch besondere Grösse auffallen.

Faserbreite 1,5—12 μ .

Durchschnittlich ca. 9 μ .

Die unentwickelten Fasern sind vorwiegend von feinerem Caliber.

N. ulnaris und tibialis post. (Zupfpräp. und Querschnitte Osmium) dasselbe Verhalten.

Der N. facialis (Zupfpräp., Osmium) ist weiter in der Entwicklung zurück; es finden sich noch in jedem Gesichtsfeld Fasern, die streckenweis keine schwarzen Markscheiden besitzen oder in toto grünlich gefärbt erscheinen.

Faserbreite 1,5—10,8 μ .

Durchschnittlich feine Fasern von ca. 2—5 μ .

Auf Querschnitten (Osmium) tritt die ungleichmässige Entwicklung der Markscheiden besonders deutlich hervor; ein Theil der Bündel hat das schon oft beschriebene fleckige Aussehen, andere Bündel aber lassen zwei verschiedene, gleichsam durch eine Linie getrennte Zonen unterscheiden. Während auf der einen Seite dieser Linie das Bündel aus ziemlich gleichmässig entwickelten dunklen Markringen besteht, mit nur einzelnen eingesprengten hellen Querschnitten, erscheint die andere helle Zone zusammengesetzt aus zahlreichen, dicht bei einander liegenden Kreisen mit grünlichen Contouren. Diese unentwickelten Fasern haben ziemlich gleichmässige Durchmesser von circa 5 μ .

Musc. biceps (Querschnitt, Carmin, Hämatoxylin). Sehr viele grosse rundliche Fasern, zwischen anderen kleineren mehr polygonalen Querschnitten. Die grossen zum Theil ganz kreisrunden Fasern haben Durchmesser bis 28μ , liegen direct neben kleinen polygonalen Fasern von ca. $7-8 \mu$. Durchschnittlich Fasern von ca. $18-20 \mu$.

Man sieht sehr zahlreiche neuromusculäre Stämmchen, oft mehrere neben einander liegend, in ihnen finden sich mehrere ca. $6-10$ rundliche Muskelquerschnitte und Blutgefässer. Mitunter liegen Durchschnitte von Nervenbündeln in unmittelbarer Nähe der Knospen. Die Muskelfasern in diesen Gebilden haben oft centrale Kerne — in den anderen Fasern zahlreiche, grosse, wandständige Kerne.

Zweijähriges Kind.

Untersucht: *N. medianus, ulnaris, ischiadicus, tibialis post.*

N. medianus (Zupfpräp., Osmium). Die Fasern besitzen gleichmässige, tief schwarze Markscheiden. Die meisten Fasern sind breit mit starken Markmäntel, zwischen diesen Fasern liegen solche mittleren Calibers und feinste Fasern mit zarten schwarzen Contouren. Selten findet sich hier und da eine einzelne grünlich gefärbte schmale Faser. Varicöse Fasern selten.

Faserbreite $1,5-15 \mu$.

Durchschnittlich ca. $9-12 \mu$.

Auf Querschnitten zeigen sich die einzelnen Bündel zusammengesetzt aus schwarzen Markringen, die dicht bei einander liegen. Fig. 1, Taf. II. gibt einen Theil eines solchen Querschnittes wieder; wir sehen, dass alle Fasern tief schwarze Markscheiden besitzen. Nur in einzelnen Bündeln finden sich zwischen diesen entwickelten Fasern vereinzelte kleine helle Querschnitte. Im Uebrigen erhalten die Bündel durch die wechselvolle Vertheilung der breiten und der feinen Fasern ein verschiedenes Aussehen. Da in einzelnen Bündeln die feinen Fasern überwiegen, in anderen wieder fast ausschliesslich breite Fasern vorhanden sind, lässt sich eine für alle Bündel gültige durchschnittliche Breite der Fasern nicht angeben.

N. ulnaris (Osmium) zeigt dasselbe Verhalten.

N. ischiadicus (Zupfpräp. und Querschnitte Osmium) besteht fast ausschliesslich aus Fasern mit gut entwickelten, tief schwarzen Markscheiden, nur vereinzelt marklose feine Fasern.

In allen Bündeln überwiegen die breiten Fasern.

Querschnitte (Weigert). Die meisten Bündel bestehen aus dicht bei einander liegenden Fasern mit starken tief schwarzen Markringen, nur vereinzelt finden sich zwischen diesen gut ausgebildeten Fasern solche mit bräunlichen Contouren. Einzelne Bündel zeigen noch zahlreichere bräunlich gefärbte Fasern. Bei der Färbung nach Pal finden sich auch zwischen Bündeln mit gut entwickelten Fasern, einzelne Bündel, die hellere Stellen enthalten, welche sich bei starker Vergrösserung in Faserquerschnitte mit grauen Contouren auflösen.

Querschnitte (Nigrosin-Färbung). Die meisten Bündel bestehen aus dicht bei einander liegenden gut entwickelten Nervenfasern mit deutlichem gelbem Markmantel, so dass bei schwacher Vergrösserung die einzelnen Bündel gelb gefärbt erscheinen. Einzelne Bündel zeigen vereinzelte bläulich, nicht gelb gefärbte Stellen; bei starker Vergrösserung finden sich an diesen Stellen bläulich gefärbte Umhüllungen, die keine concentrische Schichtung des Marks wie die gelben Fasern erkennen lassen. Axencylinder in allen Fasern deutlich. Vereinzelte grosse, gequollene freie Axencylinder.

Auf Carminquerschnitten tritt dasselbe Verhalten hervor; einzelne Fasern in den sonst gut entwickelten Bündeln zeigen einen rosa Farbenton, nichts von einer Gelbfärbung oder concentrischen Schichtung.

Kernfärbungen (Hämatoxylin, Anilinblau) zeigen den Kernreichthum des des Endo- und Perineuriums nicht mehr so auffallend, wie beim Neugeborenen.

Kind, drei Jahre alt.

Untersucht: *N. medianus* und *ischadicus*.

N. medianus (Zupfpräp., Osmium). Fast alle Fasern mit tiefschwarzen Markscheiden. Sowohl die breiten, als auch die feinen Fasern weisen diese gleichmässig schwarzen Markmäntel auf. Mitunter finden sich im Gesichtsfeld einige sehr schmale Fasern mit ausserordentlich zarten Markumhüllungen und schmale varicöse Fasern. Ganz vereinzelt feinste Fasern von graugrünlicher Farbe.

Breite der Fasern 2—14,5 μ .

Durchschnittlich ca. 10 μ .

Auf Osmiumquerschnitten bestehen die einzelnen Bündel fast ausschliesslich aus dicht bei einander liegenden tiefschwarzen Ringen, und zwar überwiegen unter diesen Querschnitten breite Fasern von ca. 10—14 μ .

Zwischen diesen breiten Fasern liegen häufig in kleinen Bündeln zusammen Fasern feinsten Calibers mit sehr zarten schwarzen Contouren und einem Durchmesser von ca. 2—4 μ . Jedoch kommen zwischen diesen feinsten Fasern und den erwähnten breiten Fasern alle Uebergänge in jedem einzelnen Bündel vor. Sehr vereinzelt helle kleine Querschnitte mit grünlicher Peripherie.

N. ischiadicus (Osmium-Längs- und Querschnitt). Dasselbe Verhalten.

Mit Dinitroresorcin behandelte Querschnitte zeigen in jeder Nervenfaser den intensiv grün gefärbten Axencylinder. Das Mark ist nicht gefärbt.

45jähriger, kräftiger Mann (an Pneumonie gestorben).

N. medianus (Zupfpräparat und Querschnitte Osmium). Alle Fasern lassen, wie Fig. 2 Taf. II. zeigt, tiefschwarze Markringe erkennen, die dicht bei einander liegen. Marklose Fasern sind in verschiedenen durchsuchten

Querschnitten nicht nachweisbar, ebenso wenig freie Axencylinder. Es überwiegen breite Fasern mit sehr starkem schwarzen Markmantel, zwischen diesen finden sich Fasern mittleren und feinsten Calibers zerstreut. Die Axencylinder sind zum grössten Theil nicht gefärbt, zum Theil haben sie eine schwach graue Färbung angenommen.

Faserbreite 2—20,0 μ .

Durchschnittlich ca. 16 μ .

Suchen wir jetzt, gestützt auf unsere anatomischen Befunde, in kurzen Umrissen ein Bild von dem Bau des peripherischen Nerven im jugendlichen Zustand und seiner weiteren Entwicklung zu entwerfen, sowie die zwischen ihm und dem erwachsenen Nerven bestehenden Unterschiede festzustellen.

In erster Linie ist es die Markscheide, welche, wie uns vornehmlich die Osmiummethode gezeigt hat, ganz besondere Verhältnisse im jugendlichen Nerven darbietet.

Die Nerven neugeborener Kinder enthalten nur vereinzelt doppelt contourirte Fasern mit einer sich durch Osmium gleichmässig tief schwarz färbenden Markumhüllung. Wo schwarz gefärbte Markscheiden vorhanden sind, finden wir dieselben in der Regel ausserordentlich dünn und zart, sie haben nur selten die tief schwarze gesättigte Farbe der erwachsenen, mit Osmiumsäure behandelten Nervenfaser, das Mark ist nicht gleichmässig abgelagert, streckenweis ist es vorhanden, an anderen Strecken fehlt es.

Diese Unterbrechungen der Markscheiden sind von wechselnder, oft sehr beträchtlicher Länge.

Bei weitem die meisten Fasern jedoch haben keine durch Osmium schwarz gefärbte Markscheiden, sind nicht doppelt contourirt, sondern zeigen einfache, theils grünlich oder graugelblich gefärbte Contouren, theils haben sie in toto diese Färbung angenommen. Dieses von den erwachsenen Nerven so sehr abweichende Verhalten gegen Osmiumeinwirkung zeigten alle von uns untersuchten Nerven Neugeborener in höherem oder geringerem Grade.

Die Abbildungen der Osmiumzupfpräparate (Fig. 4 und 5, Taf. III.), sowie der Längs- (Fig. 6, Taf. III.) und Querschnitte (Fig. 1, 2, Taf. I. und Fig. 1, 2, Taf. III.) geben ein sehr anschauliches Bild von diesem interessanten Verhalten. Besonders zeigen die Osmiumquerschnitte auf das Evidenterste, wie das eigenthümliche fleckige Aussehen der einzelnen Bündel dadurch bedingt ist, dass unregelmässig zerstreut zwischen zahlreichen Ringen mit grünlichen oder grauen Con-

touren einzelne Faserquerschnitte liegen, die mehr oder weniger intensiv schwarz gefärbte, grösstenteils schmale Markscheiden besitzen.

Aber nicht nur gegen die Osmiumsäure, sondern auch gegen die verschiedenen anderen angewandten Färbeflüssigkeiten zeigt die Markscheide der peripherischen Nerven von Neugeborenen ein vom Verhalten der Markscheide erwachsener peripherischer Nerven abweichendes Verhalten.

Bei Schnitten, die nach der Weigert'schen oder Pal'schen Methode behandelt sind, tritt die Entfärbung der tief blauschwarz gefärbten Präparate (24 Stunden in der Hämatoxylinlösung bei Brütofentemperatur) in den entsprechenden Differenzirungsflüssigkeiten ganz ausserordentlich leicht und schnell ein. Schnitte von 0,02 bis 0,03 Mm. Dicke werden selbst in sehr beträchtlich verdünnten Entfärbungsflüssigkeiten oft innerhalb weniger Secunden fast vollständig entfärbt, erhalten nach Weigert entfärbt eine in toto bräunliche, nach Pal behandelt granweissliche Farbe. Bei starken Vergrösserungen sieht man, dass nur wenige Fasern eine schwarze Markscheide behalten haben, während entsprechend behandelte erwachsene Nerven die charakteristische schwarze Markscheidenfärbung zeigen.

Bei dieser schnellen Differenzirung der jugendlichen Faser, für die sich eine richtige zeitliche Norm auch nicht annähernd feststellen liess, ist es erklärlich, dass die nach der Weigert' und Pal'schen Methode behandelten Schnitte keine Bilder geben, die den thatsächlichen Verhältnissen in jedem Falle entsprechen. Schon andere Autoren haben den Uebelstand dieser Methoden bei der Untersuchung jugendlicher Nerven hervorgehoben, ohne sich von der Ursache Rechenschaft geben zu können, sobetont v. Lenhossék*) ausdrücklich, dass ihm die Hämatoxylinfärbung nach Weigert bei seinen Untersuchungen über die Markscheidenentwicklung im Rückenmark der Maus „bei jüngeren Exemplaren, mitunter ohne jede nachweisbare Ursache — nicht recht gelingen wollte.“

Weitere Differenzen zwischen den Nerven Neugeborener und dem erwachsenen Nervenmark zeigten die Nigrosin- und Carminfärbungen.

Während Schnitte erwachsener in Müller'scher Flüssigkeit gehärteter Nerven, die nach diesen Methoden gefärbt sind, ein durch die Chromsäure gelb gefärbtes Nervenmark besitzen, welches deutlich concentrische Schichtung aufweist, lässt das peripherische Nervenmark Neugeborener diese Färbung nicht erkennen, die grösstenteils sehr feinen Markhüllen werden durch Nigrosin bläulich, durch Carmin

*) l. c.

röthlich in homogener Weise (vergl. Fig. 3, Taf. III.) gefärbt und zeigen keine oder eben angedeutete Schichtung. Nur vereinzelte Fasern treten deutlich gelb gefärbt hervor; diese gelben Markscheiden lassen dann auch mitunter schon concentratische Schichtung erkennen.

Wir finden somit weitgehende Unterschiede in der Beschaffenheit des Nervenmarks der peripherischen Fasern bei dem neugeborenen und dem erwachsenen Menschen, in quantitativer und qualitativer Hinsicht.

Es ist zunächst, wie die Osmiummethode am besten zeigt, in den jugendlichen Fasern viel weniger Mark vorhanden, wie in dem erwachsenen Nerven. Wo schwarz gefärbte Markscheiden beim Neugeborenen vorhanden, sind sie gewöhnlich viel zarter und dünner, zeigen häufige und lange Unterbrechungen; nur ganz vereinzelte Fasern besitzen stärkere dunkle Markhüllen. Noch weitgehender sind die qualitativen Unterschiede, von denen das eigenthümliche Verhalten des jugendlichen Nervenmarks gegen Osmiumsäure der charakteristischste ist.

Ein weiterer qualitativer Unterschied ist die geschilderte Reaction bei der Weigert'schen und Pal'schen Färbung, sowie die fehlende Geißfärbung durch die Chromsalze. Das Nichtvorhandensein der concentratischen Schichtung des gleichmässig bläulich oder röthlich gefärbten Marks tritt besonders bei Carmin- und Nigrosinfärbungen hervor. Alle diese qualitativen Unterschiede dürfen wir wohl mit Wahrscheinlichkeit als auf chemischen Differenzen *) beruhend ansehen, die zwischen dem erwachsenen und dem jugendlichen Nervenmark bestehen. Der Einfachheit halber wollen wir für letzteres den Namen „Nervenmark“ beibehalten, obwohl in strengem Sinne die betreffende Substanz nicht mit dem späteren Nervenmark zu identificiren ist. Ich weise darauf hin, dass gesundes erwachsenes Nervenmark in seinem Verhalten gegen Reagentien sich in ganz ähnlicher Weise von degenerirendem, wie von jugendlichem Mark unterscheidet. Auf diese interessanten Punkte kommen wir an einer anderen Stelle zurück.

Die Entwicklung des Marks der peripherischen Nerven ist nicht in allen Fällen eine gleichmässige. Wir finden Unterschiede sowohl zwischen den Nerven verschiedener Individuen, als auch zwischen den einzelnen Nerven und den Bündeln ein und desselben Nerven bei demselben Individuum. So sind, um nur einige Beispiele herauszu-

*) 1. Witkowski, Dieses Archiv Bd. XIV, Heft 1. — 2. Ruske (aus der chem. Abtheilung des physiol. Instituts zu Berlin, unter A. Kossel gearbeitet) Zeitschrift f. physiol. Chemie. Bd. X. Heft 4.

greifen, die Nerven des 6. Neugeborenen weiter in der Entwicklung zurück, als die des 8. Neugeborenen. Der *Facialis* des 1. Neugeborenen zeigt bessere Markscheiden, wie der *Ulnaris* des 4. Neugeborenen, wie aus den Abbildungen Fig. 1 und 2 Taf. I. ersichtlich.

Beim 5. Neugeborenen ist der *Ischiadicus* weiter entwickelt, als der *Medianus*. Der *N. peroneus* des 7. Neugeborenen zeigt mit Deutlichkeit — Fig. 2, Taf. III. —, wie verschieden weit dicht bei einander liegende Bündel desselben Nerven entwickelt sein können. Nerven, die an verschiedenen Stellen ihres Verlaufs untersucht wurden, zeigten keine Unterschiede in der Markscheidenbildung an ihren centralen, mittleren und peripherischen Theilen. Nur beim 8. Neugeborenen waren auffallenderweise die Fasern der peripherischen Partien des *Medianus* deutlich besser markhaltig, als diejenigen beim Austritt aus dem *Plexus brachialis*.

Die allgemeine Entwicklung, Länge und Gewicht von gleichaltrigen Individuen scheint nicht Hand in Hand mit der Ausbildung der Markscheiden gehen zu müssen. Das stärkste untersuchte Kind (4. Neugeborenes) von 56 Ctm. Länge und 7000 Grm.! Gewicht zeigte keine bessere Ausbildung der Markscheiden, als das kleinste untersuchte Individuum von 45,7 Ctm. Länge (8. Neugeborene).

Nicht so weitgehende Unterschiede, wie die Markscheide, aber doch interessante, vom erwachsenen Nerven abweichende Verhältnisse bietet der functionell wichtigste Bestandtheil der Nervenfaser, der *Axencylinder*, in diesen frühen postembryonalen Stadien, dar. Zunächst haben wir, was ja schon aus entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen zu folgern war, in jeder Nervenfaser von Neugeborenen einen *Axencylinder* durch *Carmin*-, *Nigrosin*- oder *Dinitroresorcin*-Färbung nachweisen können. Ein eigenthümliches Verhalten mancher *Axencylinder* wurde erst durch die *Osmiummethode* aufgedeckt. Während beim erwachsenen Nerven die *Axencylinder* durch *Osmiumsäure* eine schwach grauliche Färbung annehmen oder kaum gefärbt weisslich erscheinen, sehen wir bei Verfolgung der Entwicklung der peripherischen Nervenfasern in gewissen frühen Zeitpunkten zahlreiche *Axencylinder* grünlich gefärbt innerhalb der dunklen Markscheiden hervortreten. Ausserdem aber finden wir auf vielen Zupfpräparaten und Längsschnitten gleichmässig grünlich gefärbte Fasern, denen auf Querschnitten grünliche, freiliegende Scheiben von oft sehr beträchtlichem Durchmesser entsprechen. Sie übertreffen an Grösse nicht selten die breitesten Fasern des Bündels, indem sie Durchmesser von 12μ erreichen. Diese grossen grünlichen Scheiben documentiren sich nun in ganz evidenter Weise als *Axencylinder* erstens dadurch

dass sie ebenso aussehen, wie die grünlich gefärbten Axencylinder der schwarz contourirten Nervenfasern (vergl. Fig. 3 und 4, Taf. I.) und zweitens zeigen sie an manchen Stellen auf das Deutlichste beginnende Markanlagerung in Gestalt feiner dunkler Bogen und Halbmonde. Auch auf Carmin- und Nigrosinverschnitten finden wir an vielen Stellen diese Axencylinder als grosse ründliche roth respective blau gefärbte Gebilde. Wir nennen diese Gebilde „freie Axencylinder“, da sie noch keine Markscheide besitzen. Von einer Schwann'schen Scheide scheinen die meisten dieser Axencylinder umhüllt zu sein, wie aus Zupfpräparaten und Längsschnitten hervorgeht, doch wage ich etwas Sichereres über diesen Punkt nicht auszusagen.

Weitere Unterschiede zwischen den Nervenfasern Erwachsener und denen Neugeborener finden wir in den bei erwachsenen markhaltigen peripherischen Fasern constant vorhandenen Einschnürungen und Unterbrechungen der Markscheide.

Ranvier'sche Einschnürungen sind in den durch Osmium grünlich gefärbten, nicht entwickelten Fasern Neugeborener nicht oder nur andeutungsweise vorhanden, aber auch ein grosser Theil der entwickelten dunkel contourirten Fasern zeigt die Einschnürungen bei Weitem nicht in der Deutlichkeit und der Regelmässigkeit, wie die erwachsenen peripherischen Fasern. Auch von den Lantermannschen Unterbrechungen des Marks lassen die unentwickelten Fasern Neugeborener nichts erkennen, während an den schwarzen Mark besitzenden Fasern diese Unterbrechungen mitunter hervortreten.

Recht auffallend ist nun auch das Verhalten der Kerne der Schwann'schen Scheide in diesen frühen postembryonalen Stadien, wie es Fig. 4 und 5, Taf. III. deutlich zeigt.

Die Kerne sind im Verhältniss zum Durchmesser ihrer Fasern von sehr beträchtlicher Grösse, übertreffen den Durchmesser der Fasern oft um das Zehnfache und darüber. Kerne von 10—14 μ Länge sind häufig. Auch die Breite der Kerne ist oft beträchtlicher als der Durchmesser der betreffenden Faser. Sie sind deutlich gekörnt und häufig von reichlichen körnigen (protoplasmatischen?) Massen umgeben. Sie erscheinen sehr zahlreich, offenbar reichlicher, als in den erwachsenen Fasern, doch ist es nicht möglich, für dieses Vorkommen ein bestimmtes ziffernmässiges Verhalten anzugeben, da ja die Ranvier'sche Einschnürungen, welche für die Zahl und Anordnung der Kerne der erwachsenen Fasern bestimmend sind, in diesen jugendlichen unentwickelten Fasern fehlen. Was nun schliesslich die Breite der peripherischen Nervenfasern Neugeborener betrifft, so treffen wir hier, wie beim Erwachsenen, Fasern von sehr verschiedenem Durch-

messer. Die feinsten Fasern beim Neugeborenen entsprechen etwa den feinsten Fasern des erwachsenen Nerven an Durchmesser 1,3 bis 2 μ . Die breitesten Fasern des Neugeborenen bleiben jedoch sehr beträchtlich hinter dem Durchmesser der breitesten Fasern des Erwachsenen zurück. Während letztere Breiten von 20 μ erreichen, sind die grössten von uns beim Neugeborenen gefundenen Maasse 10,8 μ (Ischiadicus und Ulnaris des 3. Neugeborenen) — bei den übrigen untersuchten Neugeborenen betrug das Maximum der Breite stets nur ca. 7,2 μ .

Am prägnantesten kommen aber die den Durchmesser der Fasern betreffenden Unterschiede bei der durchschnittlichen*) Breite der in den verschiedenen Bündeln zerstreuten Fasern Erwachsener und Neugeborener zur Geltung. Während die meisten Fasern der einzelnen Nervenbündel unserer Neugeborenen nur eine Breite von 3—4 μ aufweisen, zeigen die Bündel des erwachsenen Nerven durchschnittlich Fasern von ca. 16 μ Breite. Ueber eine gesetzmässige Anordnung und Vertheilung der breiten und der feinen Fasern in den verschiedenen peripherischen Nerven Neugeborener können wir keine bestimmten Angaben machen, sie schien im Allgemeinen eine regellose zu sein, nur war zu constatiren, dass ganz feine Fasern häufig in grösseren oder kleineren Gruppen zusammen lagen, ein Verhalten, auf welches auch Siemerling**) bei seinen Untersuchungen menschlicher Rückenmarkswurzeln hingewiesen hat. Was die Form der Fasern anlangt, kommen varicöse Fasern beim Neugeborenen häufiger vor, als beim Erwachsenen. Das Bindegewebe, sowohl des Endo- wie des Perineuriums erscheint bei allen untersuchten Nerven Neugeborener sehr kernreich, die bindegewebigen Septa in den einzelnen Bündeln oft auffallend breit.

In kurzen Zügen sind dies die weitgehenden Unterschiede, welche zwischen den peripherischen Nervenfasern Neugeborener und Erwachsenen bestehen, die, wie wir gezeigt haben, in erster Linie die Markscheide, in zweiter aber auch den Axencylinder, die Einschnürungen, die Kerne der Schwann'schen Scheide, den Durchmesser der Fasern und das Bindegewebe betreffen.

*) Ich beziehe mich hier nur auf die von mir untersuchten Fälle. Von einem für alle Nerven verschiedener erwachsener Individuen bestehenden „Durchschnittsmass der Faserbreite“ kann nach den Untersuchungen Siemerling's (l. c.) nicht gesprochen werden.

**) l. c.

Wir wollen jetzt die Weiterentwicklung der peripherischen Faser von ihrem ersten postembryonalen Zustande bis zur vollständigen Ausbildung in den Hauptphasen schildern. In Betreff von Einzelheiten verweise ich auf die speciellen Beschreibungen der anatomischen Untersuchung.

In der zweiten Lebenswoche ist die Markentwicklung bereits vorgeschieden, Fasern mit durch Osmium schwarz gefärbten Markscheiden finden sich etwas häufiger, die Markanlagerung erscheint ein wenig gleichmässiger, doch verleiht das Ueberwiegen unentwickelter grünlicher Nervenfasern diesen Nerven noch sehr grosse Aehnlichkeit mit denen aus den ersten Lebenstagen.

Einen sehr auffallenden Fortschritt in der Entwicklung zeigen die Nerven in der 3. und 6. Woche. Die schwarz contourirten Fasern haben an Zahl beträchtlich zugenommen, sie liegen dichter bei einander, die helleren Lücken, in denen sich zahlreiche unausgebildete Fasern befinden, sind weniger gross wie beim Neugeborenen, bei dem sich oft nur ganz vereinzelte schwarze Ringe innerhalb ausgedehnter heller Lücken vorfanden. Die Markscheiden sind an vielen Fasern breiter und intensiver schwarz gefärbt, als beim Neugeborenen. An Zupfpräparaten ist sichtbar, dass die Markablagerung eine gleichmässigere ist. Das Mark vieler Fasern hat durch Chromsäure einen mehr oder weniger deutlichen gelben Farbenton angenommen, es zeigt an manchen Fasern schon concentrische Schichtung. Die Markscheiden übertreffen also diejenigen von Neugeborenen in quantitativer und qualitativer Ausbildung. Im Ganzen ist dieser Fortschritt an den sechs Wochen alten Nerven nicht viel ausgesprochener, wie an den Nerven aus der dritten Woche. Der Fortschritt ist kein gleichmässiger. Geringe Unterschiede in der Entwicklung zeigen die einzelnen Bündel desselben Nerven und die verschiedenen Nerven unter sich. Ein sehr bemerkenswerthes Verhalten bieten die Axencylinder in dieser Periode dar. Fig. 3 und 4, Taf. I. geben Stellen der Querschnitte wieder, welche dies eigenthümliche Bild der Axencylinder besonders prägnant zur Anschauung bringen, während die vorgeschiedene Ausbildung der Markscheiden hier weniger deutlich ist. Man sieht im Innern von Fasern mit schwarzer Markscheide den Axencylinder grünlich gefärbt hervortreten. Ausserdem findet man auffallend zahlreiche freie Axencylinder, grosse grünliche Scheiben, die mitunter eine beginnende Markanlagerung in Gestalt feiner dunkler Linien oder schwärzlicher Halbmonde erkennen lassen. Diese freien Axencylinder erreichen und übertreffen oft den Durchmesser der breitesten Fasern des betreffenden Bündels. Sie liegen unregel-

mässig zwischen den Nervenfasern zerstreut und sind an manchen Stellen — Fig. 3 und 4, Taf. I. — zahlreicher als die schwarz *contourirten* Fasern; sie bedingen hierdurch das eigenthümliche Aussehen der betreffenden Bündel.

Was die Ranvier'schen und Lantermann'schen Einschnürungen betrifft, so lassen die unentwickelten Fasern in diesen Stadien dieselben ebenso wenig erkennen, wie die Fasern Neugeborener; sie zeigen auch denselben Reichthum an grossen Kernen wie diese.

Je entwickelter die einzelne Faser ist, eine je stärkere schwarze Markscheide sie besitzt, desto deutlicher treten die Einschnürungen hervor, desto spärlicher scheinen aber die grossen Kerne der Schwannschen Scheide zu werden. Die durchschnittliche Breite der Fasern ist eine beträchtlichere geworden, als beim Neugeborenen. In der sechsten Woche beträgt sie fast das Doppelte derselben, ca. $7,5 \mu$. Die Minima und Maxima der Breite der Fasern ist nicht verschieden von der beim Neugeborenen.

Das Bindegewebe endlich ist reichlich und zeigt dieselbe Kernvermehrung, wie beim Neugeborenen.

Einen weiteren deutlichen Fortschritt in der Entwicklung der Markscheide zeigen die peripherischen Nerven von Kindern im Alter von einigen Monaten. Die meisten von drei Monate alten Nervenfasern zeigen schon streckenweis durch Osmium schwarz gefärbte Markscheiden. Fasern mit grünlichen Contouren und varicöse Fasern sind seltener geworden. Einzelne Bündel von $4\frac{1}{2}$ und 5 Monate alten Kindern sind zusammengesetzt aus durchweg gut entwickelten Fasern, deren Markscheide durch Osmium tiefschwarz gefärbt ist. Doch kommen diese entwickelten Bündel nur sehr vereinzelt vor, bei Weitem die meisten Bündel zeigen unregelmässig zwischen den ausgebildeten Fasern zerstreut oder in kleinen Haufen zusammenliegend, durch Osmium sich grünlich färbende Fasern mit den charakteristischen, bei der Beschreibung der Nerven Neugeborener geschilderten Eigenschaften. Die meisten Bündel haben auch im 8. Monat durch diese Vertheilung unentwickelter und entwickelter Fasern ein exquisit fleckiges Aussehen, wie es Fig. 5, Taf. I. veranschaulicht. Die hellen, aus unentwickelten Fasern bestehenden Stellen haben aber nicht mehr den beträchtlichen Durchmesser und treten nicht mehr in der Häufigkeit auf, wie in den meisten Nervenbündeln der Neugeborenen. Bei Vergleichung von Fig. 2, Taf. I. (Querschnitt durch den Ulnaris des 4. Neugeborenen) und Fig. 5, Taf. I. (Querschnitt durch den Ulnaris eines 8 Monate alten Kindes) tritt dieser Unterschied deutlich hervor. Ferner sehen wir, dass das Nervenmark in diesem vorgeschrittenen

Stadium viel intensiver schwarz gefärbt ist, und dass die Markscheiden an Stärke zugenommen haben.

Freie Axencylinder findet man in den meisten Bündeln von Nerven dieser Altersstufen (3. bis 8. Monat), aber vereinzelt, spärlicher als beim Neugeborenen, nie annähernd so reichlich, wie in den Nerven aus der 3. und 6. Woche; sie fallen auch nicht durch besondere Grösse auf.

Einen höheren Grad der Entwicklung weisen die Nerven nach vollendetem 1. Lebensjahre auf. Zunächst werden Bündel, die nur aus Fasern mit schwarzen Markringen zusammengesetzt sind, häufiger. Dann liegen in anderen Bündeln die entwickelten Fasern dichter bei einander, zwischen ihnen findet man nur vereinzelte oder in kleinen Gruppen zusammenliegend Fasern mit grünlichen Contouren. Bei Vergleichung von Fig. 5, Taf. I. (Ulnaris, 8 Monate altes Kind) und Fig. 6 Taf. I. (Medianus, 1 Jahr altes Kind) sieht man, dass die Lücken, in denen unentwickelte Fasern liegen, kleiner und seltener geworden sind. Die Markscheiden sind von beträchtlicher Dicke und sehr intensiv schwarz. Freie Axencylinder sind selten und von nicht auffallender Grösse. Nerven aus dem zweiten Lebensjahre zeigen, wie aus Figur 1, Tafel II. hervorgeht, keine erheblichen Abweichungen von dem erwachsenen Zustand. Die meisten Nerven bestehen aus Fasern mit durchweg ausgebildeten Markscheiden. Einzelne Bündel mancher Nerven enthalten in spärlicher Anzahl zwischen den dicht bei einander liegenden schwarz contourirten Fasern zerstreut Fasern mit grünlichen Markscheiden. Die Bündel haben kein fleckiges Aussehen. Freie Axencylinder sind ganz vereinzelt nachweisbar, in manchen Nerven nicht vorhanden. Diese fortschreitende, vornehmlich durch die Osmiummethode nachgewiesene Ausbildung der Markscheide wurde durch alle übrigen angewandten Färbungen bestätigt. Die nach der Weigert'schen und Pal'schen Methode behandelten Schnitte, die, wie erwähnt, bei ganz jugendlichen Nerven wegen der zu schnellen Differenzirung wenig deutliche Bilder gaben, liessen mit steigendem Alter der untersuchten Nerven eine bessere Differenzirung zu und zeigten die fortschreitende Entwicklung der schwarzen Markringe in zweifeloser Weise. Ebenso wurden die Markscheiden durch Chromsäure, je weiter wir in dem Alter der untersuchten Individuen vorgingen, desto intensiver gelb gefärbt und liessen die concentrische Schichtung des Marks immer deutlicher erkennen. Ist also eine quantitative und qualitative mit dem Alter fortschreitende Entwicklung der Markscheide unzweifelhaft, so möchte ich doch auch hier die schon bei den Entwickelungsverhältnissen der Ner-

ven Neugeborener betonte Thatsache hervorheben, dass diese Entwicklung keine ganz regelmässige ist, sondern nach dem Individuum, nach den verschiedenen Nerven eines Individuums, ja sogar in den einzelnen Bündeln eines Nerven gewissen Schwankungen und Differenzen unterliegt, für die sich eine bestimmte Gesetzmässigkeit nicht feststellen liess.

Diese individuellen Verschiedenheiten der Markscheidenausbildung bedingen es, dass mitunter einzelne Nerven oder Bündel eines Nerven eines älteren Kindes weniger entwickelt erscheinen, als die entsprechenden Nerven eines jüngeren Individuums. Für die mikroskopische Diagnose ist dieser Umstand von Bedeutung. Da sich nicht für jede Altersstufe ein bestimmtes, für alle Fälle gültiges Bild der Markentwicklung feststellen lässt, wird man im Einzelfall nicht entscheiden können, welchem Alter die gefundene Entwicklung des Marks entspricht. Diese Einschränkung gilt jedoch nur für engere zeitliche Unterschiede, stets wird man mit Bestimmtheit nach den Bildern, welche die Osmiummethode liefert, feststellen können, ob man es mit einem ganz jugendlichen peripherischen Nerven oder demjenigen eines Erwachsenen zu thun hat, vorausgesetzt, dass es sich um normale Verhältnisse handelt. Die Richtigkeit dieser Behauptung erhellt ohne Weiteres, wenn wir uns die weitgehenden, sofort in's Auge fallenden Unterschiede der Osmiumquerschnitte Fig. 1 u. 2, Taf. I. und Fig. 2, Taf. II. vergegenwärtigen. Mit der zunehmenden Ausbildung der Markscheiden und dem Spärlicherwerden unausgebildeter Fasern haben nun auch die peripherischen Nerven immer mehr diejenigen Eigenschaften verloren, die wir für die meisten Fasern Neugeborener als charakteristisch schilderten und haben sich dem bekannten histologischen Typus der erwachsenen Nervenfaser genähert.

Die normalen Unterbrechungen der Markscheide, die Ranvier'schen und Lantermann'schen Einschnürungen sind an den meisten Fasern deutlich erkennbar geworden. Der Reichthum an grossen Kernen der Schwann'schen Scheide mit körniger protoplasmatischer Umgebung hat mehr und mehr abgenommen. Wir finden an den ausgebildeten Fasern nur einen Kern zwischen zwei Ranvier'schen Schnürringen, der im Verhältniss zur Breite der Fasern nicht mehr durch auffallende Grösse imponirt. Nach der vergleichenden Zusammenstellung von Axel Key*) und Retzius kann beim Erwachsenen die Länge des Kernes in extremen Fällen die Breite seiner Faser um

*) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes.
Seite 85.

das vier- bis fünffache übertreffen, dass der Kern zehnmal so lang ist, wie die Faser breit, ein beim Neugeborenen häufiges Vorkommen, ist von diesen Autoren nicht constatirt worden. In zwei Jahre alten Nerven finden sich nur wenige Fasern, die in ihrem histologischen Bau auch in diesen Punkten noch dem Typus der Fasern Neugeborener gleichen; bei Weitem die überwiegende Mehrzahl der Fasern entspricht, was die Unterbrechungen der Markscheide, Kerne der Schwann'schen Scheide u. s. w. betrifft, dem Bau der erwachsenen Faser. Varicöse Fasern finden sich zu dieser Zeit nicht häufiger als beim Erwachsenen.

Die Breite der peripherischen Fasern, die in der sechsten Woche durchschnittlich ungefähr doppelt so gross war, wie beim Neugeborenen, lässt in den folgenden Monaten eine Zunahme erkennen. Zwar bleibt die durchschnittliche Breite der Fasern dieselbe circa $7,5\text{ }\mu$, doch kommen Fasern mit dem Maximum der Breite $10-11\text{ }\mu$ reichlicher vor.

Deutlicher wird die Breitenzunahme in den ersten Lebensjahren. Im zweiten und dritten Jahre finden wir Fasern mit Durchmesser von $14-15\text{ }\mu$, während die durchschnittliche Breite der Fasern auf 10 bis $12\text{ }\mu$ gestiegen ist. Das Minimum der Faserdicke ist dem der Neugeborenen gleich geblieben, es beträgt $1,5-2\text{ }\mu$. In den weiteren Lebensjahren kann das Breitenwachsthum der Fasern kein sehr schnelles und bedeutendes sein, wenn wir das Maximum und den Durchschnitt der Faserbreite, 20 resp. $16\text{ }\mu$, die wir bei einem erwachsenen Mann fanden, mit den entsprechenden Zahlen von 2 bis 3 Jahre alten Kindern vergleichen.

Es muss aber hervorgehoben werden, dass diese Zahlen, aus einer kleinen Anzahl von Beobachtungen entnommen, zunächst nur für die von uns untersuchten Fälle Geltung haben. Konnten wir bei diesen schon individuelle Unterschiede nach verschiedenen Richtungen constatiren, so werden Differenzen bei einer grossen Anzahl von Messungen in noch erheblicherer Weise zu Tage treten. Sicher ist, dass die peripherische Nervenfaser von der Geburt bis zum erwachsenen Alter sehr erheblich an Breite zunimmt.

Wenn ich schliesslich noch erwähne, dass auch das interstitielle Gewebe des Nerven, das Peri- und Endoneurium mit der zunehmenden Entwicklung der Nervenfasern immer mehr den embryonalen Charakter, den es beim Neugeborenen noch theilweise zeigt, verliert, schon im zweiten Lebensjahr nicht mehr den Reichthum an Kernen aufweist, wie in der ersten Zeit nach der Geburt, so hätte ich die Unterschiede, wie sie sich nach meinen Untersuchungen zwischen dem

erwachsenen peripherischen Nervensystem und demjenigen ganz jugendlicher Individuen ergeben, geschildert.

Fasse ich das Resultat meiner anatomischen Untersuchungen in gedrängter Kürze zusammen, so ergibt sich:

1. Die Markscheiden der peripherischen Nerven Neugeborener unterscheiden sich in sehr erheblicher Weise von denjenigen Erwachsener. Dieser Unterschied ist ein quantitativer und qualitativer.

In quantitativer Hinsicht ist bedeutend weniger Mark vorhanden, die Markscheiden sind viel dünner, zeigen oft Unterbrechungen von beträchtlicher Länge, die Markablagerung ist eine unregelmässige. Qualitativ zeigen die Markscheiden Neugeborener ein von dem Verhalten des Marks erwachsener Nerven durchaus abweichendes Verhalten gegen verschiedene Reagentien.

In erster Linie färbt die Osmiumsäure einen grossen Theil des peripherischen Nervenmarks Neugeborener grünlich oder graugelblich, nicht schwarz wie beim Erwachsenen. Die relativ spärlichen Fasern, die beim Neugeborenen durch Osmium schwarz gefärbt werden, haben nicht den gesättigten, tief schwarzen Farbenton, wie die erwachsenen Fasern.

Ferner giebt die Imprägnirung mit Chromsäure den peripherischen Markscheiden Neugeborener keinen gelben oder gelblichen Farbenton; der grösste Theil der Fasern nimmt die Farbe der gerade angewandten Färbeflüssigkeit an, wird durch Carmin röthlich, durch Nigrosin bläulich gefärbt. Die Markscheiden lassen keine concentrische Schichtung erkennen. Endlich wirken die Entfärbungsflüssigkeiten bei Anwendung der Weigert'schen und Pal'schen Methode in anderer Weise, als beim erwachsenen Nerven. Die Entfärbung der durch Hämatoxylin tief schwarz gefärbten Präparate tritt ungemein rasch und intensiv ein, so dass die meisten Markscheiden in kürzester Zeit bräunlich resp. grau gefärbt erscheinen.

2. In gewissen frühen postembryonalen Stadien nimmt eine Anzahl Axencylinder durch Osmiumsäure eine grünliche Färbung an, statt des gewöhnlichen weisslichen oder grauweisslichen Farbentons. Ferner findet man zu diesen Zeiten in mehr oder weniger reichlichen Mengen freie Axencylinder, oft von sehr beträchtlicher Grösse. Diese freien Axencylinder lassen mitunter in deutlicher Weise beginnende Markablagerung an ihrer Peripherie erkennen. Auffallend zahlreich fanden wir diese freien Axencylinder in der 3. und 6. Lebenswoche.

3. Die peripherischen Fasern Neugeborener mit unentwickelter

Markscheide lassen keine Ranzier'schen und Lantermann'schen Einschnürungen erkennen.

4. Die Kerne der Schwann'schen Scheide fallen beim Neugeborenen durch sehr beträchtliche Grösse auf, besonders im Verhältniss zur Breite der Fasern. Sie sind häufig von ausgedehnten körnigen protoplasmatischen (?) Massen umgeben.

Sie scheinen zahlreicher als beim Erwachsenen zu sein.

5. Die peripherischen Nervenfasern Neugeborener sind beträchtlich schmäler, als diejenigen Erwachsener. Die durchschnittliche Breite beträgt etwa den fünften Theil des Durchmessers erwachsener Fasern. Das Maximum der Breite erwachsener Fasern fanden wir an den Fasern Neugeborener nie erreicht.

Die Minima der Faserdurchmesser sind für den Erwachsenen und den Neugeborenen dieselben, finden sich aber bei letzteren in viel beträchtlicherer Anzahl. Feinste varicöse Fasern sind bei Neugeborenen besonders häufig.

6. Das Endo- und Perineurium ist beim Neugeborenen sehr reichlich entwickelt und unterscheidet sich von dem interstitiellen Gewebe des erwachsenen Nerven durch grossen Kernreichthum.

7. Es findet eine fortschreitende Entwicklung im Bau der peripherischen Nervenfaser von der Geburt an statt, dieselbe ist in erster Linie an die Ausbildung der Markscheide geknüpft. Die mit der Zeit mehr und mehr zunehmende Entwicklung der Markscheide ist gleichsam die Richtschnur, welche sich durch die Entwicklungsgeschichte der jugendlichen peripherischen Nervenfaser zieht. Mit der Ausbildung der Markscheide Hand in Hand geht die Entwicklung aller übrigen histologischen Elemente der Nervenfaser.

8. In den von uns untersuchten Fällen steht die Entwicklung der Markscheide, sowie der gesammten peripherischen Faser im zweiten und dritten Lebensjahr dem ausgebildeten Zustand der erwachsenen Faser sehr nahe, hat denselben aber noch nicht völlig erreicht.

9. Ein wichtiges Stadium in der Entwicklung der Markscheide scheint die 3. bis 6. Lebenswoche zu bilden. In dieser Epoche hat die Markscheidenbildung gegen den frühesten postembryonalen Zustand bereits deutlich zugenommen. Zahlreiche grosse freie Axencylinder, die alle Phasen der beginnenden Markablagerung erkennen lassen, deuten auf besonders lebhafte Entwicklungsvorgänge hin.

10. Die Entwicklung der Markscheide wie der gesammten peripherischen Nervenfaser überhaupt, ist keine ganz regelmässige, sie lässt je nach dem Individuum, in den verschiedenen Nerven ein und des-

selben Kindes, sowie in den einzelnen Nervenbündeln, auch innerhalb derselben Altersstufen, oft beträchtliche Unterschiede erkennen.

11. Eine Gesetzmässigkeit in der Markscheidenbildung an den verschiedenen Verlaufsstellen eines Nerven haben wir nicht feststellen können.

Bedeutend spärlicher sind die Unterschiede, welche sich zwischen dem Muskelsystem in frühen jugendlichen Stadien und den Muskeln Erwachsener auffinden liessen.

Wir fanden Unterschiede in der Form und der Grösse der Muskelfasern, in der Häufigkeit des Vorkommens der Muskelknospen, sowie in der Grösse und dem Reichthum an Kernen sowohl der des Sarcolemms als auch der des interstitiellen Gewebes. Am auffallendsten ist die fast durchweg runde Form der jugendlichen Fasern. Dieselben erhalten durch diese eine gewisse Aehnlichkeit mit den Fasern normaler Augenmuskeln, wie sie Sieumerling^{*)} in seinem Werke Taf. III. Fig. I. und II. abgebildet hat.

Während bei Neugeborenen (Fig. 1, Taf. IV.) fast alle Fasern rundlich erscheinen, finden wir in der dritten Lebenswoche schon einen Theil der Fasern von polygonaler Gestalt.

In den späteren Monaten schwinden die rundlichen oder kreisrunden Faserschnitte immer mehr und machen dem bei Erwachsenen in der Skelettmuskulatur vorhandenen polygonalen Typus Platz, doch scheinen die in den Muskelknospen eingeschlossenen Fasern die runde Form zu bewahren. Auffallend ist, dass wir bei dem ein Jahr alten Kinde noch relativ reichliche grosse runde und kreisrunde Fasern zwischen anderen kleineren polygonalen Fasern fanden. In den Muskeln dieses Kindes waren ferner auch Muskelknospen in besonders grosser Anzahl vorhanden und zeigten im Innern kleine runde Fasern.

Es erscheint danach, als ob diese runde Form der Fasern für jugendliche in der Entwicklung begriffene Fasern charakteristisch sei.

Was den Durchmesser der einzelnen Muskelfasern anbetrifft, so ist derselbe in den jugendlichen Stadien ein weit geringerer, als der der erwachsenen Muskelfaser. Die breitesten von uns gefundenen Muskelfasern von 28μ Querschnitt bei dem einjährigen Kinde erreichen nicht den Durchmesser der schmalsten erwachsenen Muskelfasern, deren Breite etwa $30,6 \mu$ beträgt (Schiefferdecker und Kossel, Gewebelehre S. 116).

^{*)} Ueber die chronische progressive Lähmung der Augenmuskeln. Dieses Archiv Bd. XXII. Supplementheft. Berlin 1891.

Durchschnittlich finden wir in der frühen postembryonalen Zeit sehr schmale Fasern von 5—10 μ Durchmesser. Ein regelmässiges Ansteigen der Faserbreite können wir nicht constatiren, dieselbe ist u. A. bei verschiedenen Individuen derselben Altersstufen nicht die gleiche (vergl. den Faserdurchmesser der beiden 5 Monate alten Kinder). Bemerkenswerth erscheint, dass in diesen jugendlichen Muskeln oft Fasern von sehr verschiedenem Durchmesser, schmalste und breiteste, dicht neben einander liegend getroffen werden. Muskelknospen, die auch im normalen erwachsenen Muskel nach Siemerling*) u. A. stets vorhanden sind, finden wir in den von uns untersuchten Muskeln jugendlicher Individuen in besonders grosser Anzahl vor. Fast in jedem Muskelpräparat können wir einige nachweisen, oft liegen sie zu mehreren dicht bei einander.

Die Länge der Muskelknospen bei jugendlichen Individuen beträgt ca. 40—70 μ . Die im Innern der geschichteten Perineuriumhülle liegenden Muskelfasern, deren Zahl sich auf ca. 4—14 beläuft, sind gewöhnlich rundlich oder kreisrund und von geringem Durchmesser; dieselbe beträgt durchschnittlich ca. 7 μ . Diese Fasern (vergl. Fig. 2, Taf. IV.) zeigen zum Theil wandständige, zum Theil central gelegene grosse Kerne. Ferner findet man im Innern der Knospen in Träubchen zusammenliegende Anhäufungen von Kernen (Fig. 7, Taf. III.), wie sie Kühne**) von der Maus abgebildet und als Kernnester bezeichnet hat. Querschnitte von Nerven und Blutgefässen sehen wir häufig in der unmittelbaren Umgebung der Muskelknospen, selten im Innern derselben.

Kernreichthum und die Anordnung der Kerne ist für den jugendlichen Zustand des Muskels charakteristisch.

Wir finden sehr zahlreiche grosse Sarcolemmkerne, die auf Längsschnitten häufig eine Anordnung in Reihen, Zeilen oder Haufen erkennen lassen (Weismann'sche Fasern). Diese Kerne liegen, wie Querschnitte zeigen, dem Sarcolemm gewöhnlich dicht an. Mitunter finden sich central gelegene Kerne, besonders in den innerhalb der Muskelknospen befindlichen Fasern.

Die Kerne sind im Verhältniss zum Durchmesser ihrer Fasern oft von sehr erheblicher Grösse. Auch das interstitielle Gewebe der jugendlichen Muskeln ist durch Kernreichthum ausgezeichnet.

Ich glaube in diesen kurzen Umrissen ein Bild der wichtigsten

*) Charité-Annalen XIV. Jahrgang.

**) Virchow's Archiv Bd. 28.

anatomischen Verhältnisse gegeben zu haben, die das peripherische Nervensystem und das Muskelsystem Neugeborener und jugendlicher Individuen von dem erwachsenen Zustande unterscheiden. Wir haben sehr mannigfache und weitgehende Unterschiede constatiren können. Vornehmlich ist es die mangelhafte Entwicklung der Markscheide der jugendlichen peripherischen Nervenfaser, die als wichtigstes Ergebniss der anatomischen Befunde im Vordergrund des Interesses steht.

Kehren wir jetzt zum Ausgangspunkt unserer Untersuchung zurück. Aufgabe derselben war nachzuweisen, ob sich die constatirten Abweichungen der elektrischen Erregbarkeit der peripherischen Nerven und Muskeln in gewissen jugendlichen Stadien von den Erregbarkeitsverhältnissen Erwachsener aus Differenzen im anatomischen Bau erklären lassen. Nachdem der Nachweis von uns gebracht ist, dass in der That sehr erhebliche Unterschiede bestehen, müssen wir den Zusammenhang des physiologischen Factums mit dem anatomischen Befund festzustellen versuchen.

Die erste Frage wird sein: Ist die mangelhafte Entwicklung der Markscheide in den frühen postembryonalen Stadien Ursache der verminderten Erregbarkeit?

Für diese Annahme sprechen nun verschiedene Thatsachen, in erster Linie die experimentellen und anatomischen Befunde Bechterew's*), durch welche dieser Forscher für das Centralnervensystem neugeborener und jugendlicher Thiere den Nachweis zu bringen versucht, dass die elektrische Erregbarkeit der einzelnen Hirnbezirke sich erst nach der Bekleidung dieser Theile mit den Markscheiden einstellt. Es gelang ihm in der That durch elektrische Reizversuche am Gehirn neugeborener und jugendlicher Welpen darzuthun, dass in der Reihenfolge, in der die Fasern der einzelnen Gehirnbezirke ihre Markscheidenumhüllung erhalten, auch die Anspruchsfähigkeit dieser Regionen für den elektrischen Strom eintritt. Auf Grund eigener Versuche behauptet Bechterew, „dass wenigstens in Bezug auf die Entwicklung des centralen Nervensystems ein soeben geborene Kind gewissermassen einem 10—12 tägigen Welpen oder einem 5—7 tägigen Kaninchen gleichkommt“, doch warnt er davor, ohne weiteres diese am Thier gemachten Erfahrungen auf den Menschen zu übertragen. Trotz dieser Einschränkung werden wir wohl nicht fehl gehen, wenn wir sagen, dass die von Bechterew für das Centralnervensystem

*) Ueber die Erregbarkeit verschiedener Hirnbezirke bei neugeborenen Thieren. Neurol. Centralbl. 1889. No. 18.

gefundenen Thatsachen es wahrscheinlich machen, dass auch die Erregbarkeit der peripherischen Nerven mit der Entwicklung der Markscheiden Hand in Hand geht. Diese Annahme findet auch in unseren Befunden eine Stütze. Wir haben nachgewiesen, dass für die von uns untersuchten Fälle die 3. und 6. Lebenswoche eine sehr wichtige Phase in der Markscheidenentwicklung bildet. Die Markscheiden sind zahlreicher geworden, zeigen grössere Dicke, das Mark ist gleichmässiger abgelagert als beim Neugeborenen. Und vor Allem weist wohl das auffallend zahlreiche Vorkommen von freien, zum Theil sehr grossen Axencylindern, die alle Stadien der Markanlagerung in exquisiter Weise erkennen lassen, auf besonders lebhafte Entwicklungsvorgänge zu diesen Zeiten hin.

Mit diesem anatomischen Befund stimmen unsere elektrischen Erregungsversuche überein. Wir konnten nach der fünften Lebenswoche durchgehende Herabsetzung der Erregbarkeit nicht mehr constatiren. Die für Erwachsene normale Function scheint also hier an eine bestimmte Ausbildung der Markscheiden geknüpft. Die Entwicklung der Markscheide ist nun aber, wie wir gezeigt haben, eine sehr langsame und allmäliche; sie ist in der 3. und 6. Lebenswoche noch nicht vollendet. Wir dürfen hierin keinen Widerspruch mit unserer Erfahrung sehen, welche lehrt, dass nach der 6. Woche die elektrische Erregbarkeit bereits diejenige des erwachsenen Nerven erreicht hat, da es ja sehr unwahrscheinlich ist, dass vereinzelte Fasern ohne Markscheide, umgeben von ungemein zahlreichen, gut entwickelten Fasern, einen Einfluss auf die elektrische Erregbarkeit auszuüben im Stande sind.

Eine fernere wichtige Uebereinstimmung der anatomischen und elektrischen Befunde sehen wir in der grossen individuellen Verschiedenheit und Mannigfaltigkeit, die beide beherrscht. Die Thatsache, dass die peripherischen Nerven gleichaltriger Kinder, sowie die einzelnen Nerven desselben Individuums oft verschiedene Grade der Markscheidenentwicklung aufweisen, stimmt durchaus mit den elektrischen Befunden überein, die auch eine grosse Mannigfaltigkeit der Erregbarkeitsverhältnisse innerhalb derselben Altersstufen, wie auch an einem Individuum erkennen liessen.

Die klinische Erfahrung spricht für einen Zusammenhang der elektrischen Erregbarkeit mit der Markscheidenentwicklung. In erster Linie tritt Erb für einen solchen Zusammenhang ein. In seiner grundlegenden Arbeit*) „Zur Pathologie und pathologischen Anatomie

*) Deutsches Archiv für klinische Medicin V. Bd. 1869.

peripherischer Paralysen“ sagt er S. 61: „Die sehr bald nach Beginn der Lähmung sich einstellende Abnahme der elektrischen Erregbarkeit fällt zusammen mit der zunehmenden Degeneration des Nervenmarks; wenn diese Degeneration einen gewissen Grad erreicht, ist die elektrische Erregbarkeit vollständig erloschen“.

Die interessante, bei gewissen Lähmungen gemachte Erfahrung, dass der Willenseinfluss auf bestimmte Muskelgruppen vorhanden sein kann, während dieselben für den inducirten Strom weder direct, noch indirect erregbar sind, erklärt Erb auf folgende Weise (S. 73):

„Im Hinblick auf die oben mitgetheilten Beobachtungen muss dann die Erklärung dieses eigenthümlichen Verhaltens dahin lauten, dass diejenigen Bestandtheile des Nerven, welche der Leitung der Erregungsvorgänge (i. e. der Axencylinder) dienen, erhalten oder wiederhergestellt sind, während jene Bestandtheile, welche zum Zustandekommen des elektrischen Erregungsvorganges erforderlich sind (i. e. die Markscheide) degenerirt, verloren gegangen oder noch nicht in genügendem Masse wiederhergestellt sind.

Ueber die elektrische Erregbarkeit der regenerirten Fasern peripherischer Nerven spricht sich dieser Forscher in seiner Elektrotherapie*) folgendermassen aus: „Es scheint, dass dieselben erst dann wieder erregbar werden, wenn sie mit einer Markscheide von bestimmter Breite versehen sind, wenn also die junge Faser schon wieder eine gewisse Stufe der Ausbildung erreicht hat, während sie schon auf einer früheren Stufe leistungsfähig ist. Ob diese frühere Stufe histologisch nur dem nackten Axencylinder entspricht, die spätere aber dem Hinzutreten der Markscheide, und ob somit der Axencylinder in diesen sich regenerirenden Fasern nur der leitende, die Markscheide der den elektrischen Reiz aufnehmende Theil der Nervenfaser ist, will ich, als nicht sicher bewiesen, dahingestellt sein lassen; sehr plausibel erscheint mir aber diese Hypothese, obgleich die Angabe von Kühne und Steiner**), „dass die elektromotorische Wirksamkeit der markhaltigen Nerven nur dem Axencylinder ohne Beteiligung des Nervenmarks zukommt“ vielleicht dagegen spricht. — Mit zunehmender Entwicklung der jungen Fasern steigt die Erregbarkeit successiv, sie bleibt aber meist noch längere Zeit geringer als normal, theils wegen der ungenügenden Ausbildung

*) S. 193 und 194.

**) W. Kühne und J. Steiner, Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern. Untersuch. des physiologischen Instituts der Universität Heidelberg. Bd. III. Heft 1 und 2.

der Nervenfasern und der Cirrhose der Nerven selbst, theils und mehr noch wegen der Atrophie und Cirrhose der Muskeln, welche den vom Nerven kommenden Erregungen noch längere Zeit nicht mit normaler Energie folgen können“.

Der Ansicht Erb's schliesst sich Leegard*) an. Er spricht sich dahin aus, dass die Anspruchsfähigkeit des neugebildeten Nerven auf elektrische Reize an die Entwicklungsstufe der jungen Faser, an die Anwesenheit der Markscheide geknüpft sei.

Ranvier**) macht auf die Möglichkeit aufmerksam, dass der Markscheide die Rolle eines Isolators für die einzelne Nervenfaser zukommt, wofür auch der Umstand spräche, dass die Nerven des elektrischen Organes des Zitterrochens keine marklosen Fasern besässen.

Stimmen also unsere Erfahrungen mit der Ansicht dieser Forscher überein, dass dem Nervenmark eine Rolle bei der elektrischen Erregung des peripherischen Nerven zukommt, so können wir doch ein sicheres Urtheil über die Function des Nervenmarks nicht abgeben, da wir uns vergegenwärtigen müssen, dass Physiologen wie Kühne***) dem Nervenmark jede elektromotorische Wirksamkeit absprechen. Wir sind aber nicht genöthigt bei der Erklärung der verminderten elektrischen Erregbarkeit Neugeborener allein auf das Nervenmark zu recurrieren; wir fanden ja noch andere deutliche Unterschiede im anatomischen Bau des neuromusculären Tractus Erwachsener und ganz jugendlicher Individuen.

Ich glaube, dass die weit geringere Breite der Nerven- und Muskelfasern, das Fehlen deutlicher Einschnürungen an ersteren, der Reichthum an grossen Kernen im Parenchym und interstitiellen Gewebe, das eigenthümliche Verhalten der Axencylinder in den frühen postembryonalen Stadien, in Verbindung mit der sehr mangelhaften Markscheidenentwicklung, in ihrer Gesamtheit genügende Momente für die Erklärung der Erregbarkeitsunterschiede darbieten, auch wenn uns die Kenntniss über die Bedeutung der einzelnen Factoren für die Erregbarkeit noch fehlt.

Wir sind ja bei der Erklärung der unter pathologischen Bedingungen auftretenden Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit in letzter Linie auch auf die Summe der sich darbietenden anatomischen Befunde angewiesen.

*) Archiv für klin. Medicin. 1880. Bd. 26.

**) Leçons sur l'histologie du système nerveux. Tome I.

***) l. c.

Sicher wäre es zuweit gegangen, wenn wir auf Grund unserer Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen den anatomischen und physiologischen Verhältnissen der Entartungsreaction und den Befunden bei Neugeborenen annehmen würden. Wohl aber dürfte es gestattet sein, hier auf die Aehnlichkeit hinzuweisen, welche eine Anzahl der bei Entartungsreaction gewöhnlichen Befunde (Schwund des Nervenmarks, Vorkommen von unentwickelten Fasern, Atrophie der Muskelfasern, Kernreichthum und Anordnung der Kerne) mit den Verhältnissen bei Neugeborenen darbieten.

Sehr bemerkenswerth erscheint die eigenthümliche träge, schleppende Zuckung der Muskeln Neugeborener. Eine Erklärung für dieses Verhalten vermag ich nicht zu geben, möchte aber auf einen Punkt hinweisen, den auch Soltmann*) erwähnt.

Ranvier**) wies beim Kaninchen Unterschiede in der quergestreiften Muskulatur nach. Er unterschied weisse Muskeln mit einem sehr schnellen Zuckungstypus und leichter Erregbarkeit, von den rothen Muskeln, die sich langsamer contrahiren. Erstere zeigen gute Querstreifung, relativ wenig wandständige Kerne, letztere lassen neben der Querstreifung eine deutliche Längsstreifung erkennen, haben zahlreiche Kerne, die zum Theil im Innern der Fasern liegen. Beim Menschen finden sich nur rothe Muskeln, aber nach Grützner***) „kommen in den einzelnen Muskeln gemischt Fasern vor, die bald den Typus der weissen, bald den der rothen Muskeln zeigen. So zusammengesetzte Muskeln würden gemischte Eigenschaften besitzen und sich je nach dem Mengenverhältniss der Fasern bald dem einen, bald dem anderen Typus mehr nähern“. Was den Reichthum und die Lagerung der Kerne anbelangt, tragen die Muskeln Neugeborener den Typus der rothen Muskulatur. Aus dieser interessanten Analogie einen sicheren Schluss auf die physiologische Wirkung der Muskulatur ziehen zu wollen, wäre jedoch verfehlt.

Ebenso wenig Aufschluss wie über den Zuckungsmodus, konnten uns die anatomischen Befunde über die Unterschiede in der faradischen und galvanischen Erregbarkeit in den ersten Lebenswochen der von uns untersuchten Kinder geben. Das frühere Eintreten der normalen Erregbarkeit bei Reizung mit dem galvanischen Strom blieb unerklärt.

*) Jahrbuch der Kinderheilkunde 12. 1878.

**) a) Arch. physiol. VI. 1879. — b) Progrès médic. 1877. No. 30.

***) Réeeuil zool. suisse. T. I. 1884. p. 665ff. Citirt nach Kossel und Schiefferdecker, Gewebelehre S. 123.

Die Anzahl unserer elektrischen Untersuchungen ist aber zu gering, als dass wir diese Einzelheiten im Verhalten der Erregbarkeit als gesetzmässige bezeichnen dürften.

Fassen wir die Summe aller dieser Ergebnisse zusammen, so müssen wir die am Anfang der Arbeit gestellte Frage dahin beantworten, dass die innerhalb der gefundenen zeitlichen Grenzen bestehende Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit bedingt ist durch die geschilderten Unterschiede im anatomischen Bau der jugendlichen peripherischen Nerven und Muskelfasern von dem des erwachsenen Muskel- und Nervensystems. Mit Wahrscheinlichkeit spielen die wichtigen und weitgehenden Differenzen in der Entwicklung der Markscheiden hierbei die Hauptrolle.

Ausser dem Aufschluss, den unsere Untersuchungen in Betreff des uns speciell beschäftigenden Gegenstandes brachten, gewährten sie auch einen Einblick in interessante entwicklungsgeschichtliche Fragen und liessen Beziehungen zu pathologischen Verhältnissen erkennen. In kurzen Zügen möchte ich diese Punkte hervorheben.

Dass für uns mit der Beobachtung der fortschreitenden Markscheidenentwicklung die Frage nach der Entstehungsweise des Nervenmarks eng verknüpft war, liegt auf der Hand.

Ueber die Bildung des Marks der peripherischen Nerven ist Sicheres nicht bekannt. Die hervorragenden Untersuchungen von Jastrowitz, Boll und Flechsig beziehen sich auf die Bildung des Marks im Centralnervensystem.

Boll*) warnt ausdrücklich vor einer unbedingten Uebertragung der an den centralen Nervenfasern gewonnenen Anschauungen auf den Entwicklungsvorgang der peripherischen Nervenfasern. Gewisse Structureigenthümlichkeiten, sowie Thatsachen aus der pathologischen Histologie, dass pathologische Processe in den peripherischen Nerven sich ganz anders darstellen wie im Centralorgan, sprächen gegen eine solche Identificirung.

Dieser Ausspruch besteht nach unseren Untersuchungen vollkommen zu Recht. Vor Allem konnten wir Fettkörnchenzellen, denen die

*) Die Histologie und Histogenese der nervösen Centralorgane. Dieses Archiv Bd. IV. 1874. S. 126. Anm. 2.

erwähnten Forscher eine sehr hervorragende Rolle in der Bildung des centralen Nervenmarks zuschreiben, bei der Verfolgung der Entwicklung unausgebildeter peripherischer Nervenfasern nicht nachweisen. Die Hypothese Ranzier's (l. c. p. 117—121), welche das zwischen zwei Einschnürungen liegende Nervensegment mit einer Fettzelle vergleicht, ist geistreich, entbehrt aber doch bestimmter Anhaltspunkte. Wir werden auch der Ansicht Virchow's*) eingedenk sein müssen, der das massenhafte Vorkommen von Körnchenzellen im centralen Nervensystem von Neugeborenen für pathologisch hält.

Uns scheint nach zahlreichen Untersuchungen peripherischer Nervenfasern Neugeborener vielleicht den Kernen der Schwann'schen Scheide eine gewisse Bedeutung bei der Bildung des Marks zugeschrieben werden zu müssen.

Diese Kerne, die sich, wie hervorgehoben, durch ihre Grösse und reichliche protoplasmatische Umgebung auszeichnen, zeigen häufig auch an unentwickelten Fasern in ihrer Umgebung Anhäufungen von Myelin in Tropfen und Klumpen. Auf die Grösse dieser Kerne und die eigenthümliche Beschaffenheit ihrer Umgebung machten schon Ranzier, Axel Key und Retzius, S. Mayer und Kuhnt aufmerksam. Letzterer Forscher spricht sich ausdrücklich**) dahin aus, dass an den Stellen der Kerne der Schwann'schen Scheide eine Neubildung des Marks vor sich geht, woraus sich auch erklären liesse, warum bei im Wachsthum begriffenen Individuen die Kerne und in Sonderheit die Protoplasmazone so ungleich grösser seien, als bei Erwachsenen und Aelteren.

Ausser den Kernen der Schwann'schen Scheide muss aber dem eigenthümlichen Verhalten der Axencylinder in den frühen postembryonalen Stadien bei der Frage nach der Markbildung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Wir fanden in den jugendlichen Nervenfasern sich durch Osmium grünlich färbende Axencylinder, theils im Innern dunkler Markringe, theils als freie Axencylinder. Letztere zeichneten sich durch bedeutende Grösse aus und kamen besonders zahlreich in bestimmten Zeiten vor, in denen überhaupt ein lebhafteres Wachsthum der Markscheiden zu constatiren war. In ausgezeichnetner Weise zeigten nun diese grossen freien Axencylinder an manchen Präparaten (cfr. Fig. 3 u. 4, Taf. I.) alle Stadien der beginnenden Markanlagerung von zartesten

*) Congenitale Encephalitis und Myelitis. Virchow's Archiv XXXVIII.
S. 129.

**) Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. XIII. 1877. S. 444.

dunklen Halbmonden bis zu den feinsten schwarzen Linien, welche die Peripherie des Axencylinders vollständig umzogen. Diese Verhältnisse in Verbindung mit dem Umstände, dass die Axencylinder durch Osmium die für das jugendliche Nervenmark so charakteristische Grünfärbung annahmen, weisen auf eine Bedeutung derselben für die Markbildung hin; diesem Eindruck kann man sich bei Betrachtung der Präparate nicht verschliessen. Ueber die Art und Weise, wie sich diese Axencylinder bei der Markbildung betheiligen, ob das Mark vielleicht als eine Differenzirung der Substanz des Axencylinders anzusehen ist, können wir nichts aussagen. Ebenso wenig konnten wir feststellen, ob Beziehungen zwischen den Vorgängen am Axencylinder und denjenigen an den Kernen der Schwann'schen Scheide bestehen. Es liess sich ja an den für die Beurtheilung der Markanlagerung an den Axencylinder massgebenden Osmiumquerschnitten in vielen Fällen nicht unterscheiden, ob diese sogenannten freien Axencylinder (d. h. ohne Markumhüllung) eine Schwann'sche Scheide besitzen oder nicht. Jedenfalls konnten wir an Querschnitten niemals die charakteristischen grossen Kerne anliegend an den Scheiben der Axencylinder nachweisen.

Ein sicheres Urtheil darüber, in welcher Reihenfolge die Markscheidenbildung stattfindet, ob dieselbe vom Centrum nach der Peripherie oder umgekehrt vor sich geht, konnten wir nicht gewinnen. Am meisten erhielten wir den Eindruck, dass die Markanlagerung discontinuirlich vor sich geht, da wir an den verschiedenen Verlaufsstellen der Nerven die mannigfältigsten Grade der Markscheidenausbildung in allen Abstufungen vorfanden. His^{*)}) hat in einer Reihe von grundlegenden Arbeiten nachgewiesen, dass die peripherischen Nervenfasern aus dem Protoplasma der Ganglienzellen der grauen Vordersäulen des Rückenmarks und der Spinalganglien „des Neuroblasten“ als lange protoplasmatische Axenfortsätze bis zu den Endorganen auswachsen. Fussend auf diesen Untersuchungen ist mir die Annahme am wahrscheinlichsten, dass sich die langen protoplasmatischen Fortsätze in discontinuirlicher Weise mit Mark bekleiden. Dem

^{*)} u. A. a) Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarks und der Nervenwurzeln. Abth. der math.-physiol. Klasse der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften Bd. XIII. 1886.

b) Die Entwickelung der ersten Nervenbahnen beim menschlichen Embryo. — Archiv für Anat. und Physiol. Anat. Abth. Jahrg. 1887.

c) Zusammenhang der Nervenelemente. Verhandl. des X. international-med. Congresses. II. Berlin 1891.

Protoplasma der Axenfortsätze selbst scheint eine Bedeutung bei der Bildung der Markscheide zuzukommen.

Ich hebe ausdrücklich hervor, dass diese Annahme nur den Werth einer Hypothese hat, welche einen Theil der Ergebnisse unserer anatomischen Untersuchung zu erklären sucht.

Erweitern wir jetzt das Gebiet unserer Untersuchungen, indem wir die Berührungs punkte der anatomischen Befunde mit pathologischen Zuständen im peripherischen Nervensystem festzustellen suchen.

In erster Linie stehen die Vorgänge der Degeneration und Regeneration peripherischer Nerven, sei es, dass dieselben experimentell hervorgerufen, oder spontan bei krankhaften Processen entstanden sind, in enger Beziehung zu unseren Ergebnissen.

Die sehr ausgedehnte Literatur über Degeneration und Regeneration peripherischer Nerven kann ich hier nicht erschöpfend behandeln und verweise auf die ausführlichen Angaben in den neueren grossen Arbeiten von v. Büngner*) und H. Stroebe**). Ich beschränke mich darauf, diejenigen Punkte hervorzuheben, die geeignet sind, das interessante Verhältniss dieser Processe zu unseren Befunden in das richtige Licht zu setzen. Robert Remak***) war wohl der Erste, welcher auf die Aehnlichkeit der nach Durchschneidung eines Nerven unterhalb der Schnittstelle sich neubildenden Nervenfasern mit den von ihm entdeckten grauen sympathischen Fasern aufmerksam macht; er betont, dass dieselben das mattgelbliche Aussehen der feinsten sympathischen Fasern zeigen. Erb †) schildert die jungen regenerirten Fasern: sie sind sehr schmal, durchaus homogen, und zeigen sehr schmale doppelte Contouren und nehmen nur allmälig an Breite zu, womit dann auch der doppelte Contour breiter und deutlicher wird. Die Abbildungen Erb's Taf. I., Fig. 2, 3, 4 und 6 geben ein getreues Bild dieser schmalen Markscheiden. Die in Fig. 3 abgebildete, in Regeneration begriffene Nervenfaser, an welcher die beginnende Umhüllung des persistirenden Axencylinders mit der Mark-

*) Ueber Degenerations- und Regenerationsvorgänge am Nerven nach Verletzungen. Beiträge zur pathologischen Anatomie und zur allgem. Pathologie. X. Bd. 4. Heft.

**) Experimentelle Untersuchungen über Degeneration und Regeneration peripherischer Nerven nach Verletzungen. Ibid. Bd. XIII. S. 160.

***) Virchow's Archiv 23. Bd. 1862. S. 441.

†) Zur Pathologie und pathologischen Anatomie peripherischer Paralysen. Deutsches Archiv für klin. Medicin V. Bd. 1869. S. 59.

scheide zu sehen ist, gleicht in auffallender Weise den von uns beschriebenen in Entwicklung begriffenen Nervenfasern Neugeborener.

Benecke*) beschreibt die Wucherung der Neurilemmkerne nach Nervendurchschneidung und sucht nachzuweisen, wie die neu entstandenen blassen Bänder durch eine an den Kernen zuerst auftretende Markbildung, allmälig eine normale Markscheide erhalten. Von besonderer Wichtigkeit für uns ist die Arbeit von Eichhorst**), da er sich bei seinen Untersuchungen auch der Osmiumfärbung bediente. Er hält diese Methode, „die gewissermassen ein optisches Hülfsmittel in die Hand giebt, die allmälig chemische Umwandlung des Nervenmarks und ihren allmälichen Uebergang in eine dem Axencylinder identische Substanz zu verfolgen, von unberechenbarem Vortheil“.

Eichhorst findet im centralen Nervenstumpf hellere Partien, die bei Behandlung mit Osmiumsäure schwach gelblich grün gefärbt werden. Diese gelblich grüne Färbung zeigen die in Regeneration begriffenen Fasern, sowie die jungen neu entstehenden Gebilde. Diese jungen Nervenfasern besitzen oft gar kein Mark, jedenfalls immer sehr viel weniger als die älteren. In den weiteren Wochen ändern sich die neuen Fasern in der Weise, dass sie breiter, schwärzer werden, doppelt contouirt erscheinen und immer mehr das Aussehen ihrer Mutterfasern bekommen. Am Ende des dritten Monats haben sie vollkommen das Aussehen normaler Fasern angenommen. Eichhorst hebt dann ferner den Reichthum an Kernen der Schwann'schen Scheide, welcher sich bei diesen Processen zeigt, hervor, betont aber ausdrücklich, „dass auch die schmalen und jungen Nervenfasern, welche sich immer neben den älteren und breiteren in den Nervenstämmen finden, sich durch besonderen Kernreichthum auszeichnen“.

In prägnanter Weise zeigen die vortrefflichen nach Osmiumpräparaten entworfenen Abbildungen von Eichhorst die grosse Aehnlichkeit, wenn nicht Identität, der sich normaler Weise im Nerven vorfindenden unentwickelten Fasern (Eichhorst, Fig. 1, Taf. I.***), mit den nach Nervendurchschneidungen sich bildenden jungen Fasern (Eichhorst, Taf. I. und II.). Eine Vergleichung der Abbildungen Eichhorst's mit meinen Zeichnungen nach Osmiumzupspräparaten und Längsschnitten (Fig. 4, 5 und 6, Taf. III.) von Nerven Neugeborener

*) Virchow's Archiv 55. Bd. 1872. Ueber die histologischen Vorgänge im durchschnittenen Nerven.

**) Virchow's Archiv 59. Bd. 1874. Ueber Nervendegeneration und Nervenregeneration.

***) In der Tafel selbst ist irrtümlich die jüngere Faser mit a bezeichnet (vergl. Erklärung der Abbildungen S. 25).

lässt auf das Evidenterste die innigen Beziehungen zwischen den sich nach Nervendurchschneidung neubildenden Fasern und den in Entwickelung begriffenen Nerven jugendlicher Individuen erkennen.

Ranvier*) gibt an, dass die jungen nach Durchschneidungen neu entstehenden Nervenfasern keine Markscheiden besitzen. Die Eigenthümlichkeit der degenerirenden Markscheide, durch Osmiumsäure eine hellgraue Färbung anzunehmen, beruht nach ihm in chemischen Eigenthümlichkeiten des weniger fettreichen, dem Protoplasma näher stehenden Marks (Tome II. pag. 9 und 10). Auch Neumann**) ist der Ansicht, dass das ausgebildete Nervenmark in den protoplasmatischen Zustand zurückkehren könne.

Diese „protoplasmatische“ durch Osmium „matt glänzend und leicht gelblich“ gefärbte Inhaltsmasse der Nerven ist für die degenerirten Fasern charakteristisch, „die in den embryonalen Zustand, in welchem eine Scheidung zwischen Mark und Axencylinder noch nicht besteht, zurückgekehrt sind“.

Neumann findet in degenerirten Nerven nicht selten Fasern, welche an gewissen Stellen einen ganz allmälichen Uebergang zwischen markhaltigen und marklosen Theilen zeigen, indem an Osmiumpräparaten die dunkelblauschwarze Farbe der ersteren sich in ein mattes Grau verliert, welches alsdann in den leicht gelblichen Schimmer übergeht, welcher den marklosen „protoplasmatischen Theilen“ zukommt. Die bei der Regeneration auftretenden jungen neuen Fasern schildert er als blasse schmale Bänder von homogenem Aussehen, welche im Innern der alten Fasern eingeschlossen sind u. s. f. „Ihre Contouren sind anfänglich durch zwei wenig markirte Linien bezeichnet, allmälig aber werden dieselben schärfer ausgeprägt, glänzend, breiter und hiermit geht eine zunehmende Intensität der durch Osmium eingetretenen Schwärzung der Fasern parallel, was auf die wachsende Ausbildung der Markscheide schliessen lässt“.

Nach Leegard***) sind die ersten neugebildeten Fasern nach Nervendurchschneidungen hell gefärbt und haben in der Regel keine vollständig schwarz gefärbten Theile. Auf Grund dieser Thatsache nimmt er an, dass die Theile der normalen Fasern, die durch Osmium hell gefärbt werden (speciell der Axencylinder) sich zuerst bilden und später die Theile, welche der Faser die schwarze Randzone geben.

*) l. c.

**) Ueber Degeneration und Regeneration zerquetschter Nerven. Archiv für mikroskopische Anatomie. XVIII. 1880 und Archiv für Heilkunde. 1868.

***) l. c. p. 500.

Eine Fülle von Ergebnissen, die in engem Zusammenhang mit der uns interessirenden Frage stehen, finden wir in den bekannten Arbeiten von S. Mayer*). In der umfangreichen Untersuchung aus dem Jahre 1881 (Zeitschrift für Heilkunde II. Bd.) giebt er uns eine zusammenfassende Uebersicht seiner Ansichten; ich hebe die für uns wichtigen Punkte hier in Kürze hervor:

Von einer Reihe von Autoren**) (Luschka, Leydig und Courvoisier, Kuhnt, Korybut-Daszkiewicz, Rumpf, Witkowski, Renaut) sind im peripherischen Nervensystem von Thieren und Menschen Fasern gefunden worden, die den nach Durchschneidungen auftretenden sehr ähnlich oder identisch sind. Mayer weist nach, dass das Vorkommen von in Degeneration und Regeneration begriffenen Fasern im peripherischen Nervensystem ein constantes ist. Er untersuchte Nerven verschiedener Körperstellen von Menschen und Thierspecies an Zupfpräparaten theils frisch, theils nach Osmiumsäurebehandlung unter Anwendung aller Kautelen, durch die Fäulniseinwirkungen ausgeschlossen wurden. In allen Nerven weist er in mehr oder weniger reichlicher Zahl Fasern mit den Zeichen des Degenerations- resp. Regenerationsprocesses nach. Die markhaltigen Nervenfasern können im Verlauf des Degenerationsprocesses in ein Stadium gelangen, wo sie mit den embryonalen Fasern grosse Aehnlichkeit besitzen, „so dass dieselben von denjenigen Gebilden nicht streng zu trennen sind, die aus der Zeit der ersten Entwicklung in unferdigem Zustande zurückgeblieben sind“. Mayer betont ausdrücklich den continuirlichen Charakter der einzelnen Vorgänge „die Anfangs marklosen oder mit discontinuirlchem Markbelage versehenen Fasern bedecken sich mit continuirlicher Markscheide, welche im Laufe der weiteren Entwicklung sich immer mehr dem Verhalten derselben an ganz normalen Fasern nähert“.

Das Resultat seiner Untersuchungen fasst Mayer folgendermassen zusammen: „Es findet im peripherischen Nervensystem ein fortwährender Wechsel der Formen statt; die markhaltigen Nervenfasern sind

*) u. A. a) Ueber Degenerations- und Regenerationsvorgänge im unverehrten peripherischen Nerven. Prager med. Wochenschrift No. 51 und Anz. der k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1873.

b) Die peripherische Nervenzelle und das sympathische Nervensystem.

c) Ueber Vorgänge der Degeneration und Regeneration im unverehrten peripherischen Nervensystem. Zeitschrift für Heilkunde II. Bd. 1881.

**) Vergl. S. Mayer S. 157—164.

keine stabilen Gebilde, sondern sie unterliegen vereinzelt während des Verlaufs ihres Gesammtlebens eingreifenden Veränderungen ihres Baues und ihrer chemischen Structur, so dass sie in derjenigen Erscheinung, in der wir sie als normal und den Zwecken des Gesammtorganismus unterthänig anzusehen gewohnt sind, nicht sowohl eine perennirende, als vielmehr eine cyklische Lebensdauer besitzen“.

Teuscher*) untersuchte die von Mayer beobachteten Degenerationsvorgänge an normalen Nerven nach der neueren Methode Marchi's, um zu entscheiden, ob Kachexie hervorrufende Krankheiten zur Erhöhung der Degenerationen in den Nerven beitragen. Die Ansicht Mayer's, dass der Zerfall in normalen peripherischen Nerven ein physiologischer Vorgang sei und einen cyklischen oder periodischen Charakter habe, wird durch die Angabe Teuscher's „wenn nicht gestützt, so doch in ihrer Wahrscheinlichkeit nicht beeinträchtigt“.

Hervorheben möchte ich, dass die Untersuchung der Nerven eines 3 Stunden alten, an Kopftrauma verstorbenen Knaben Teuscher zur Beantwortung der Fragen veranlasste:

1. finden sich in den Nerven neugeborener Kinder degenerirende Fasern?
2. verhält sich das junge Gewebe den Reagentien gegenüber ebenso, wie das der Erwachsenen?

Die Untersuchungen Teuscher's zur Beantwortung dieser Fragen haben „so weit sie überhaupt möglich waren und in den Rahmen dieser Zeilen gehören, ein negatives Resultat ergeben“.

In einer sehr eingehenden Arbeit beschreibt v. Büngner**) die Degenerations- und Regenerationsvorgänge am Nerven nach Verletzungen und kommt zu folgenden für die uns interessirenden Fragen wichtigen Resultaten:

Die Degeneration und Regeneration der Nervenfasern lassen sich weder zeitlich noch räumlich trennen, letztere schliesst sich unmittelbar an erstere an und verläuft zum grösseren Theil ganz gleichzeitig mit ihr.

Die Regeneration erfolgt gleich der Degeneration mit einer nach der Peripherie abnehmenden Intensität. Die Regeneration wird von den Kernen und dem Protoplasma der Schwann'schen Scheide aus eingeleitet. Die vermehrten und vergrösserten Kerne gruppiren sich in der Richtung des Faserverlaufs, das zwischen ihnen gelegene an-

*) Archiv für mikroskopische Anatomie. 36. 1890.

**) l. o.

fangs homogene Protoplasma nimmt eine fibrilläre Structur an, und so entstehen längsgestreifte Bandfasern, die reichlich mit Kernen besetzt sind, aus denen die neuen Axencylinder sich entwickeln. Mit der fortschreitenden Ausbildung der neuen Fasern erscheinen die anfangs sehr zahlreichen Kerne weniger dicht gedrängt, bis schliesslich nur ein Kern für jedes interannuläre Segment der neuen Faser zurückbleibt. Die Kerne sind unzweifelhaft nervöser Natur.

Die neuen Nervenfasern entstehen auf der ganzen Strecke discontinuirlieh. Die neuen Fasern sind nicht allenthalben gleichmässig breit (Eichhorst), sondern sie zeigen mannigfache Differenzen ihres Querdurchmessers (Neumann).

Die Nervenfasern werden ausschliesslich innerhalb der alten Schwann'schen Scheiden angelegt und verlaufen sonach bis zum Schwinden dieser Scheiden ausnahmslos im Innern derselben.

Im Laufe der dritten Woche umgeben die jungen Fasern sich mit einer

1. primären continuirlichen Markscheide, welche unmittelbar dem Axencylinder anliegt, eine sehr geringe Dicke besitzt, aber sich bereits durch Osmiumsäureschwärzt und ausnahmsweise Einkerbungen zeigt.

Im Anschluss daran bildet sich

2. eine secundäre anfangs discontinuirliche dickere Markscheide, welche sich im weiteren Verlauf an die erste anschliesst und mit derselben verschmilzt.

Mit diesen Ansichten v. Büngner's stehen die in jüngster Zeit bei Anwendung einer neuen Färbemethode (Anilin-Saffranin-Färbung) gewonnenen Resultate von Stroebe*) zum Theil in Widerspruch. Die wichtigsten Unterschiede beziehen sich auf die Bildung der jungen Nervenfasern.

Nach Stroebe's Beobachtungen „hat die Neubildung der Nervenfasern mit den gewucherten Zellen der Schwann'schen Scheide nichts zu thun, vielmehr entwickeln sich die jungen Fasern allein vom centralen Nervenstumpfe aus durch peripherwärts gerichtetes Auswachsen und Aufspaltung der alten fibrillären Axencylinder“.

„Genau entsprechend der ersten Bildung der Nervenfasern beim Embryo entwickelt sich der eigentliche nervöse Antheil der embryonalen Nervenfasern, der Axencylinder mit dem Belag der Markscheide als ein nicht segmentirter, continuirlicher, lang auswachsender Fortsatz aus dem Protoplasma einer dem Centralnervensystem oder den

*) l. c.

Spinalganglien angehörigen Ganglienzelle, eines Neuroblasten im Sinne von His“.

Ueber die Bildung der Markscheiden äussert sich Stroebe folgendermassen:

„Die Markscheide ist ein Attribut der jungen Nervenfasern von der frühesten Zeit ihres Auftretens an. Sie wird demnach gleichzeitig mit dem Axencylinder und wohl von demselben gebildet. Präparate nach Weigert'scher Hämatoxylinmethode, mit welcher diese Processe bis jetzt noch nicht untersucht worden zu sein scheinen, zeigen auch die jüngsten Fasern evident als markhaltige. Die Markscheide begleitet den Axencylinder als ein schmaler continuirlicher Belag, welcher manchmal leichte varicöse Anschwellungen zeigt, im Allgemeinen jedoch parallele Säume besitzt. Die Dicke der Markscheide nimmt allmälig zu, und zwar scheinen sich jeweils die mehr central gelegenen Faserabschnitte etwas früher mit einer dickeren Markscheide zu umgeben, als die peripheren“.

Der Autor ist geneigt „das Myelin als ein Product der Nervenfaser bezw. des Axencylinders anzusehen, welches nicht in den Zellen der Schwann'schen Scheide gebildet, sondern einfach von ihnen umhüllt wird“.

Die Axencylinder des centralen Nervenstumpfes beschreibt Stroebe als „stark verdickt, gequollen, so dass die Dicke eines solchen oft den mittleren Durchmesser einer markhaltigen Nervenfaser bedeutend überschreitet“.

Ueberblicken wir die geschilderten Forschungsergebnisse über die Degeneration und Regeneration peripherischer Nerven, so treten uns in allen Arbeiten mannigfache Beziehungen zu unseren, bei der Entwicklung jugendlicher Nerven beobachteten Thatsachen entgegen. In erster Linie ist die nahe Verwandtschaft der nach Durchschneidungen neu auftretenden Nervenfasern mit den jungen Fasern der postembryonalen Zeit hervorzuheben*). Ich verweise nur auf die Schilderungen und Abbildungen von Eichhorst**), die dieses Verhältniss klarlegen. Auch die von Mayer***) beschriebenen Processe an der erwachsenen normalen Nervenfaser stehen offenbar in naher Beziehung

*) Anm. während der Correctur. Eine gute Illustration dieser Thatsache finden wir noch in den interessanten Befunden von Marinesco — über Veränderungen der Nerven und des Rückenmarks nach Amputationen; ein Beitrag zur Nerventrophik. — Neurol. Centralbl. 1892. S. 507 und 508.

**) l. c.

***) l. c.

zu den entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen, obwohl dieser Autor selbst diesen Zusammenhang leugnet, da nach seiner Angabe in jüngerem Lebensalter die Anzahl der in Degeneration und Regeneration begriffenen Fasern geringer sein soll, als bei ausgewachsenen Thieren. Mayer hebt aber bei Angabe der Methode der Untersuchung (l. c. pag. 165) ausdrücklich hervor, dass es wünschenswerth sei für die ersten Versuche erwachsene und nicht ganz junge oder halbwüchsige Thiere zu wählen. Er sagt ferner pag. 205: „Ueber diese Abhängigkeit vom Alter der Thiere lässt sich nur von der Basis ausgedehnter systematischer Untersuchungen nach dieser Richtung ein entscheidender Ausspruch thun. Ueber das betreffende thatsächliche Material verfüge ich zur Zeit noch nicht und muss ich die Beibringung desselben zukünftigen Forschungen überlassen.“ Und wenn er sich pag. 186 äussert: „Einen zweiten wesentlichen Anhaltspunkt für die Beurtheilung des Alters von Nervenfasern, wie wir sie bei der Untersuchung der Nerven erwachsener Thiere beobachten, entnehmen wir aus dem Vergleich derselben mit dem Zustand bei ihrer Entwicklung und ihrem Wachsthum; wenn wir im Nerven des erwachsenen Thieres an einzelnen Fasern Vorgänge sich abspielen sehen, welche man sonst nur bei der ersten Entwicklung auftreten sieht, so liegt, glaube ich, die volle Berechtigung vor zur Annahme, dass man es mit Bildungen zu thun hat, die nicht fertig, sondern im Werden begriffen sind“, so giebt er damit wohl selbst den Zusammenhang der von ihm beobachteten Thatsachen mit entwickelungsgeschichtlichen Vorgängen zu.

Nach meinen Untersuchungen muss ich die Ansicht vertreten, dass beim Menschen progressive Vorgänge im peripherischen Nervensystem in den frühesten Stadien nach der Geburt die hervorragendste Rolle spielen, man trifft sie bei ganz jugendlichen Individuen überall in grösster Ausdehnung an, während unzweifelhaft mit dem Alter ein Abnehmen dieser progressiven Veränderungen zu constatiren ist. Ueber regressive Processe an „normalen“ Nerven jugendlicher oder erwachsener Individuen fehlen mir Erfahrungen. Hervorheben möchte ich, dass Stroebe (l. c. pag. 268) die Angaben Mayer's über die Degeneration normaler Nerven nur insoweit acceptirt, als der Axen-cylinder dabei unbeteiligt bleibt.

Interessant ist die Thatsache, dass auch andere Autoren vor der Untersuchung jugendlicher peripherischer Nerven bei den Versuchen über Nervendegeneration warnen. So sagen Cossy*) et Dejerine

*) Archives de Physiologie 1875. Recherches sur la dégénérescence des nerfs séparés de leurs centres trophiques. p. 572.

„Dans nos premières expériences, nous opérions sur de jeunes cobayes, mais nous avons été obligés d'y renoncer, la structure des nerfs chez les animaux en voie de croissance présentant des particularités bien plus propres à induire en erreur qu'à d'élucider le problème de la dégénérescence nerveuse.“

Dieser Irrthum ist offenbar durch die grosse Aehnlichkeit der jugendlichen in Entwicklung begriffenen Nervenfasern mit den nach Durchschneidungen auftretenden bedingt.

Die Angabe Teuscher's*), dass er bei Untersuchung der Nerven eines 3 Stunden alten Kindes keinen Unterschied in dem Verhalten des jugendlichen Gewebes gegen Reagentien von den erwachsenen Nerven finden konnte, steht im Widerspruch mit unseren Erfahrungen.

Ueber die Entstehungsweise der neuen Fasern haben unsere Untersuchungen ebensowenig Sichereres ergeben, wie alle früheren auf diesen Punkt gerichteten Arbeiten über Degenerations- und Regenerations-Vorgänge peripherischer Nerven. Mit Recht bezeichnet v. Büngner**) die Frage nach der Entstehungsweise der neuen Fasern als das strittigste und im Vordergrund des Interesses stehende Kapitel aus der jungen Lehre von der Nervenregeneration.

Die Annahme, welche uns nach entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen am wahrscheinlichsten schien, dass die neuen Fasern als protoplasmatische Axenfortsätze centraler Ganglienzellen anzusehen seien, stimmt mit der Ansicht Stroebe's***) über die Entstehung junger Fasern nach Nervendurchschneidungen überein. Ebenso findet der Eindruck, welcher durch unsere anatomischen Befunde in uns wachgerufen ist, dass das Nervenmark als eine Bildung oder Differenzirung des Axencylinders anzusehen ist, durch die schönen Befunde Stroebe's eine Bestätigung. Wir können jedoch im Gegensatz zu Stroebe die Möglichkeit, dass den Kernen der Schwann'schen Scheide vielleicht auch eine gewisse Bedeutung bei der Markbildung zukommt, aus den früher entwickelten Gründen nicht von der Hand weisen.

Die von den meisten Autoren vertretene Anschauung, dass sich die Markscheide nach Durchschneidungen continuirlich bildet, stimmt mit unseren Erfahrungen über die Markscheidenbildung jugendlicher Nerven ebensowenig überein, wie die Angabe Stroebe's, dass schon

*) l. c.

**) l. c. S. 327.

***) l. c.

die jüngsten Fasern sich ganz evident als markhaltige zeigen. Wir sind der Ansicht, dass die Markscheiden bei in Entwicklung begriffenen Individuen nicht continuirlich erscheinen, dass ferner viele Fasern in der frühen postembryonalen Zeit keine Markhüllen besitzen.

Es wäre interessant, diese anscheinenden Differenzen in der Markscheidenbildung nach experimentellen Eingriffen und in der normalen Entwicklung sicher festzustellen und näher zu erforschen.

Wir kommen jetzt zum letzten Punkt der Betrachtung, die Beziehungen unserer Befunde zu pathologischen Veränderungen am menschlichen Nervensystem festzustellen.

C. Westphal*) beschreibt gewisse Veränderungen des Nervus radialis bei Bleilähmung, die lebhaft an unsere Bilder jugendlicher Nerven erinnern. Er findet in dem untersuchten Nerven Bündel von kleinen Fasern, die nach Chromsäurebehandlung die gewöhnliche gelbe Färbung und concentrische Schichtung des Marks nicht erkennen lassen. Diese Fasern stellen sich bei Carminfärbung als kleine blass-roth gefärbte scharf contourirte Kreise dar, von denen einige an gewissen Stellen den dunkelrothen Punkt (Axencylinder) im Centrum zeigen, andere nicht.

C. Westphal weist auf die Aehnlichkeit dieser Fasern mit den der schmalen Primitivröhren des Sympathicus hin „die Färbung der schmalen Primitivröhren des Sympathicus erscheint nach Behandlung mit Carmin und aufhellenden Mitteln auf dem Querschnitt gleichfalls theils schwach röthlich, oder gelblich, oder sie fehlt so gut wie ganz. Eine deutliche Ringelung des Marks und die starke Gelbfärbung, wie sie die auf demselben Querschnitt vorhandenen breiten Röhren zeigen, fehlt. Ob chemische Differenzen des Marks der breiten und schmalen Primitivröhren diesem Verhalten zu Grunde liegen, wage ich nicht zu entscheiden.“

Frühere Untersuchungen von Remak**), Neumann***) und Eichhorst†) führen meinen Vater zu der Ansicht, „dass in diesem eigenthümlichen mikroskopischen Bilde der Ausdruck eines Regenerationsvorganges, einer Neubildung von Nervenfasern gesehen werden kann.“

*) Ueber eine Veränderung des Nervus radialis bei Bleilähmung. Dieses Archiv Bd. IV. Heft 3. S. 776. 1874. — Gesammelte Abhandlungen. II. Bd. S. 811.

**) l. c.

***) l. c.

†) l. c.

Er hebt die grosse Uebereinstimmung zwischen seiner Schilderung und der der genannten Autoren hervor. „Neumann und Eichhorst, welche sich der Osmiumsäure bedienten, fanden, dass in einem gewissen Stadium der Regeneration die neugebildeten Fasern sich mattgrau oder gelblichgrau und erst später schwarz färben, woraus auf eine veränderte Beschaffenheit des Marks geschlossen werden kann.“ C. Westphal weist auf die Abbildungen in der Arbeit von Eichhorst hin; es sind dies dieselben, die mir zur Erhärtung der Beziehungen der experimentell erzeugten Regenerationsvorgänge zur Entwicklung der normalen jugendlichen Nervenfaser dienten. Mit grosser Wahrscheinlichkeit entsprechen die von meinem Vater beschriebenen Nervenfasern den unentwickelten im jugendlichen peripherischen Nervensystem constant vorkommenden Fasern. Die Bilder, welche wir bei Chromsäurehärtung und Carminfärbung erhielten, gleichen in auffallender Weise den Abbildungen der pathologischen Fasern, die zum Theil als freie Axencylinder auftreten, zum Theil eine beginnende Differenzirung zwischen Axencylinder und Mark erkennen lassen, welch letzteres die von uns geschilderten Abweichungen vom entwickelten Nervenmark in quantitativer und qualitativer Hinsicht aufweist.

Eine regelmässige Anordnung der unentwickelten Fasern in kleinen Bündeln, wie sie C. Westphal schildert, zeigen die normalen jugendlichen Nerven nicht.

Weitere Beziehungen zu unseren Befunden ergeben die interessanten Untersuchungen Oppenheim's*) und Siemerling's. Diese Forscher weisen in ihrer grossen Arbeit Alterationen der peripherischen Nerven in grosser Häufigkeit bei den verschiedensten Krankheitszuständen nach. Die Nervenerkrankung von Personen, die an Tuberculose, Inanition, Geschwulstcachexie, Arteriosclerose, senilem Marasmus, an Infection- und Intoxicationskrankheiten zu Grunde gegangen waren, hatte weitaus am häufigsten den Charakter der „parenchymatösen Degeneration“ d. h. die Veränderungen beschränkten sich im Wesentlichen auf die Nervenfaser selbst und stellten sich in ihr dar in der Form der histologischen Bilder, wie man sie im

*) a) Oppenheim und Siemerling, Beiträge zur Pathologie der Tabes dorsalis und der peripherischen Nervenerkrankungen. Dieses Archiv Bd. XVIII. S. 98 und 487. 1887.

b) Oppenheim, Beiträge zur Pathologie der Tabes. Neurol. Centralblatt 1886. (Jahrgang V. No. 11) nach einem Vortrag, gehalten in der Berliner Gesellschaft für Psychiatrie und Nervenkrankheiten am 10. Mai 1886.

peripherischen Stumpfe des durchschnittenen Nerven beobachtet, mit der Einschränkung, dass gemeiniglich sich eine weit grössere Anzahl von Fasern im Stadium der definitiven Atrophie, als im Blüthestadium, wenn man es so nennen darf, des Markzerfalles präsentirt. Die Art der Markveränderung geht sehr deutlich aus den Abbildungen Oppenheim's und Siemerling's Taf. V. hervor. Wir sehen, dass das Mark vieler Fasern durch Carmin nicht gelb gefärbt ist, sondern homogen röthlich gefärbt erscheint und keine concentrische Schichtung aufweist. Diese gleichmässig rothen Fasern zeigen geringe Durchmesser, liegen dicht gedrängt bei einander, unregelmässig zwischen gut entwickelten Fasern zerstreut, so dass sie Flecken von verschiedener Ausdehnung bilden, die bei schwacher Vergrösserung gleichmässig röthlich gefärbt erscheinen. Die Axencylinder sehen zum Theil verdickt, wie gequollen aus (Taf. V., Fig. a, b, d).

Gleichen schon diese Abbildungen nach Carminpräparaten unseren jugendlichen Nervenquerschnitten in auffallender Weise, so ist dies in noch höherem Grade der Fall für den Osmiumquerschnitt (Fig. c, Taf. V.) des N. saphenus major einer an senilem Marasmus gestorbenen Person. „Nur eine relativ beschränkte Anzahl von Fasern hat sich mit Osmium schwarz gefärbt, zwischen ihnen sieht man mehr oder wenige breite Lücken, die zum grössten Theil aus marklosen Fasern bestehen, während hier und da noch eine kleine, schmale, schwach gefärbte Faser aufzufinden ist.“ Das Mark des senilen Nerven ist in quantitativer und qualitativer Hinsicht den Markscheiden in der Entwicklung begriffener Nerven so ähnlich, dass diese Beschreibung wörtlich auch für viele Nervenquerschnitte Neugeborener passend sein würde. Auf jeden Fall gibt auch aus den Untersuchungen Oppenheim's und Siemerling's in Verbindung mit meinen Befunden mit Evidenz hervor, dass Berührungspunkte zwischen pathologischen Prozessen mit experimentell erzeugten und in der Entwicklung begründeten Vorgängen bestehen.

Resümiren wir das Gesammtresultat unserer Untersuchungen, so ergiebt sich, dass die anatomischen Befunde an den peripherischen Nerven Neugeborener nicht nur das eigenthümliche Verhalten der Nerven gegen elektrische Reizung in gewissen frühen postembryonalen Zeiten erklären, sondern auch interessante Einblicke in andere Gebiete gestatten. Wir haben die Beziehungen der entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen zu den experimentell hervorgerufenen Erscheinungen an peripherischen

Nerven, sowie die Berührungs punkte mit pathologischen Prozessen in grossen Umrissen festzustellen versucht.

Besonders bemerkenswerth erscheint uns der Umstand, dass das Nervenmark diejenigen Eigenschaften, welche es in der aufsteigenden Kurve des Lebens, in frühen postembryonalen Stadien zeigt, in der absteigenden Kurve des Lebens, dem Senium, wieder anzunehmen scheint. Es dürfte eine lohnende Aufgabe sein, diese senilen von Oppenheim und Siemerling beschriebenen Veränderungen des Nervenmarks, die in der Folgezeit von anderen Autoren Arthaud*), Ketscher**) und besonders von Gombault***) bestätigt worden sind, in vergleichender Weise mit den Jugendzuständen des Nerven zu erforschen.

Vielleicht würden solche Untersuchungen die anatomische Grundlage festigen, auf deren Boden das klinische Bild gewisser Altersveränderungen des Nervensystems, welche Leyden†) in seiner Klinik der Rückenmarkskrankheiten als „paralytische Schwäche, progressive Muskelschwäche der Greise“ schildert, und die Oppenheim††) in jüngster Zeit in der Arbeit „Ueber die senile Form der multiplen Neuritis“ genauer präzisiert hat, weiter gebaut werden kann.

Meinem verehrten Chef Herrn Geh. Rath Jolly und Herrn Prof. Siemerling spreche ich für das liebenswürdige Interesse, welches sie mir bei dieser Arbeit entgegengebracht haben, meinen besten Dank aus. Besonders danke ich meinem Lehrer und Freunde, Herrn Prof. Siemerling, für die mannigfache Anregung, die er mir bei Durchsicht meiner Präparate hat zu Theil werden lassen.

Den Herren Geheim-Räthen Virchow, Gussrow und Henoch bin ich für die gütige Ueberlassung des Materials zu vielem Dank verpflichtet.

*) Arthaud, Sur la pathogénie des névrites périphériques. Société de Biol. de Paris. Sitzung vom 2. April 1887. Neurol. Centralbl. 1887. No. 9.

**) Ketscher, Zur pathol. Anatomie der Paralysis agitans, gleichzeitig ein Beitrag zur pathol. Anatomie des senilen Nervensystems. Zeitschrift für Heilkunde. Bd. VIII. Heft 6. 1892.

***) Gombault, Note sur l'état du nerf collaterale externe du gros orteil chez le vieillard. Bull. de la Soc. anat. Juni-Juli.

†) Bd. II. S. 50.

††) Berliner klinische Wochenschrift 1893. No. 25.

Erklärung der Abbildungen (Taf. I.—IV.).

Tafel I.

Fig. 1. Erstes neugeborenes Kind.

N. facialis (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 2. Viertes neugeborenes Kind.

N. ulnaris (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 3. Kind, 3 Wochen alt.

N. radialis (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

a, b, c freie Axencylinder.

Fig. 4. Kind, 6 Wochen alt.

N. medianus (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

m. freier, grosser Axencylinder mit beginnender Markablagerung.

Fig. 5. Acht Monate altes Kind.

N. ulnaris (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 6. Kind ein Jahr alt.

N. medianus (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Tafel II.

Fig. 1. Zweijähriges Kind.

N. medianus (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 2. fünfundvierzig jähriger, kräftiger Mann.

N. medianus (Querschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Tafel III.

Fig. 1. Erstes neugeborenes Kind.

N. ischiadicus (Querschnitt, Osmium). (Zeiss B, Ocl. 2 [1:85]).

Fig. 2. Siebentes neugeborenes Kind.

N. peroneus (Querschnitt, Osmium). Zeiss B, Ocl. 2 [1:85].

Bündel a und b sind weniger entwickelt wie Bündel c und d.

Fig. 3. Neuntes neugeborenes Kind.

Plexus brachialis (Carmin), (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 4. Zweites neugeborenes Kind.

N. medianus, central beim Austritt aus dem Plexus (Zupfpräparat, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

Fig. 5. Zweites einen Tag altes Kind.

N. ischiadicus (Zupfpräparat, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

a. Faser mit zarter dunkler Markscheide.

b. Faser mit stärkerer schwarzer Markscheide.

d. Gleichmässig grün gefärbte Faser.

α. Grünlich gefärbter Axencylinder.

- β. Grau gefärbter Axencylinder.
 - γ. Kern der Schwann'schen Scheide.
 - η. Körnige (protoplasmatische?) Anhäufungen in der Umgebung des Kerns.
 - ι. Lantermann'sche Unterbrechung.
- Fig. 6. Zweites zwei Tage altes Kind.
N. ulnaris (Längsschnitt, Osmium). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).
- Fig. 7. Erstes einen Tag altes Kind.
M. sartorius (Querschnitt, Hämatoxylin). (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).
m. Muskelknospe mit Querschnitten von Weismann'schen Kernreihenfasern W_1 und W_2 .
n. Nerv, b. Blutgefäß.

Tafel IV.

Fig. 1. M. sartorius (Querschnitt, Hämatoxylin). (Zeiss B, Ocl. 3 [1 : 115]).

- m. Muskelknospen.
- n. Nerv, b. Blutgefäß.

Fig. 2. Dieselbe Muskelknospe m bei (Zeiss D, Ocl. 4 [1:420]).

- q. Rundliche Muskelfaserquerschnitte mit central gelegenem Kerne, K.
- h. Bindegewebige Hülle.
- b. Blutgefäß.
- n. Nerv.

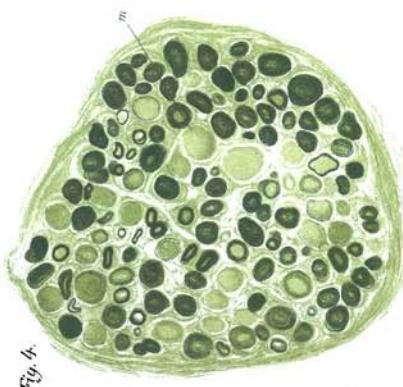
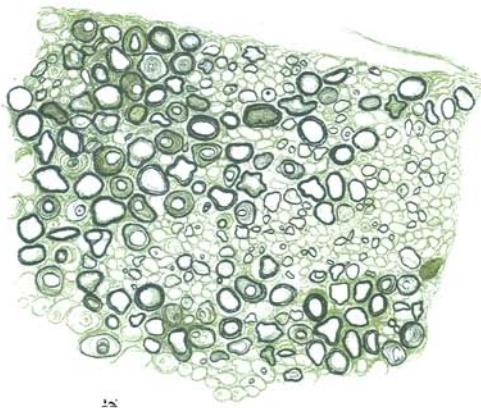
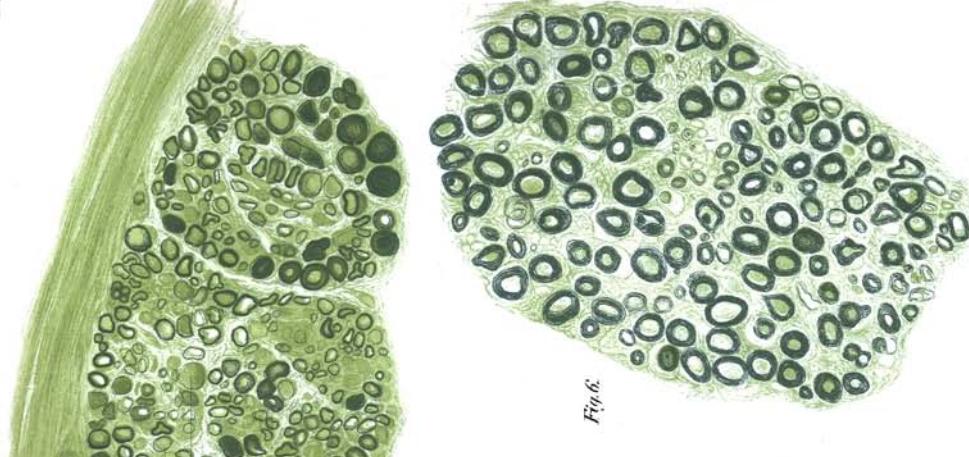
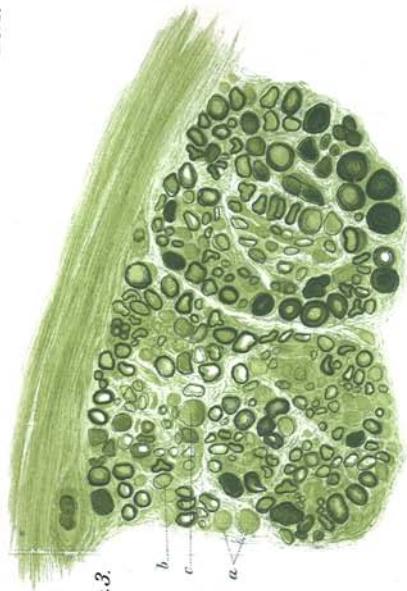
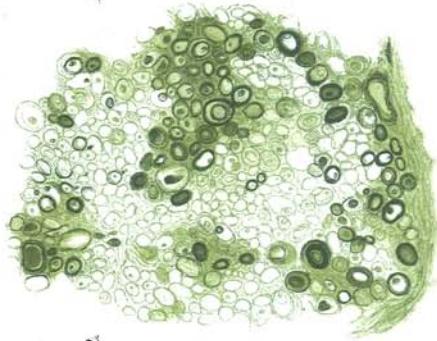
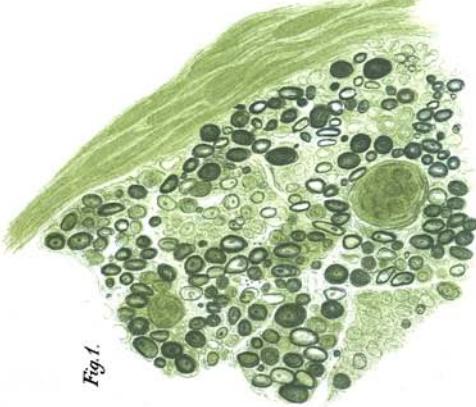


Fig. 1.

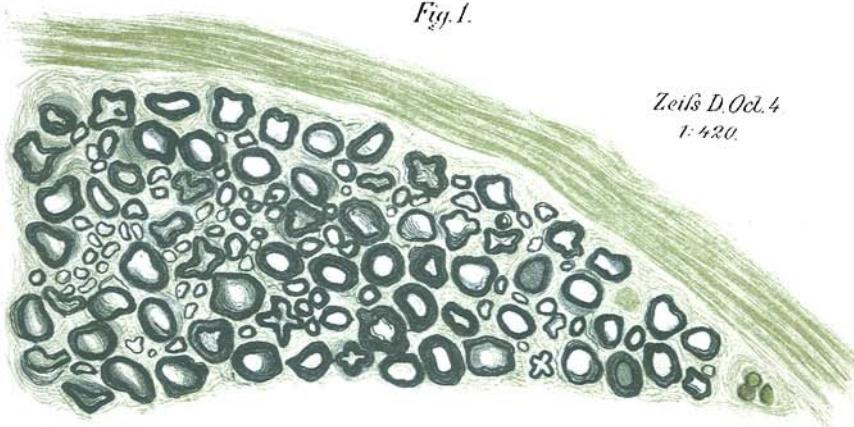


Fig. 2.



Fig. 1.



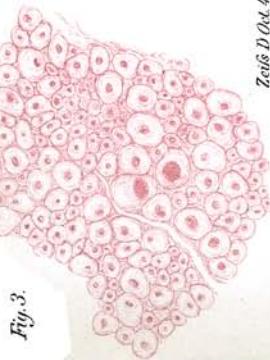
Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 3.



Zell D. Ord. 4.
r. 420.

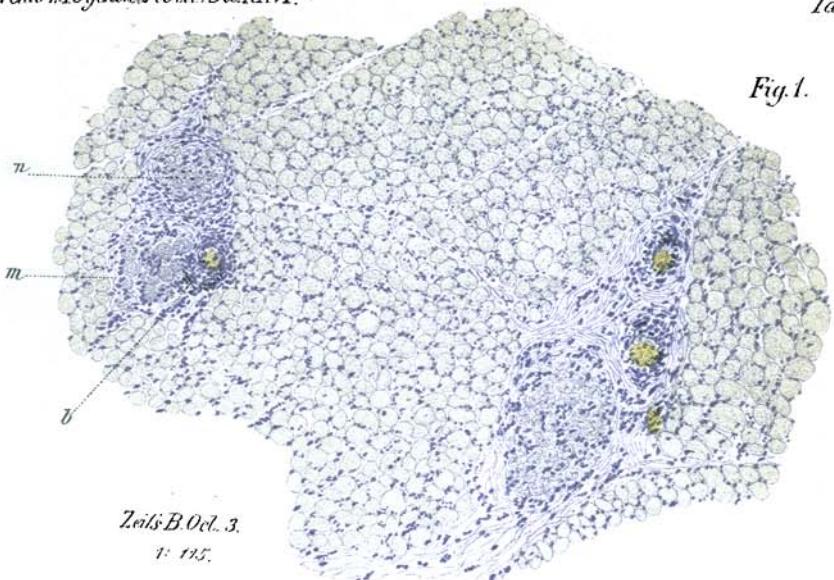
Zell B. Ord. 2. r. 85.

Fig. 2.



Zell B. Ord. 2. r. 85.

Zell D. Ord. 4.
r. 420.



Zeits. B. Oct. 3.
T. 195.

Fig. 1.

