


Drehungshindernisse

nach

Vorderarmbrüchen.

—**—

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

Doctors der Medicin

verfasst, und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität
zu Jurjew

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Wladimir Mintz,

Assistenten der chirurgischen Universitätsklinik.



D 119

Censoren:



Doc. Dr. W. Zoega v. Manteuffel. — Prof. Dr. A. Rauber. — Prof. Dr. W. Koeh.

Jurjew.

Schnakenburg's Buchdruckerei.

1896.

Печатано съ разрѣшеніа медицинскаго факультета Императорскаго
Юрьевскаго Университета.

Юрьевъ, 12 Сентября 1896 г.
№ 833.

Декаль: А. Игнатовскій.



Dem Andenken meines

Herrn Prof. Dr. W. Koch, meinen hochverehrten Lehrer und Chef, bitte ich an dieser Stelle meinen tiefempfundenen Dank für das warme Interesse entgegennehmen zu wollen, welches er stets für mich an den Tag gelegt hat.

Mein Dank gilt auch allen meinen academischen Lehrern für die mir zu Teil gewordene wissenschaftliche Ausbildung.

Inhalt.

**Anatomie und Physiologie des Vorderarmes.
Pathologie des Vorderarmskelettes und seiner
Function.**

Die Geschichte der Lehre von den Drehungshindernissen nach Vorderarmbrüchen ist kurz. Eine zusammenfassende systematische Darstellung derselben fehlt in der gewaltigen Litteratur der Fracturen. v. Volkmann und B. Schmidt behandeln in den 60-ger Jahren einzelne Formen von Drehungshindernissen monographisch — der übrig bleibende Teil der Frage ist in den casuistischen Mitteilungen von difform geheilten Vorderarmfracturen niedergelegt.

Bei dem Versuch eine systematische Darstellung der Drehungshindernisse zu geben, sind neben der Casuistik eine relativ nicht geringe Anzahl von Beobachtungen unserer Klinik unsere Hilfsmittel gewesen.

Wir haben uns zunächst der Anatomie des Vorderarms und der Physiologie seiner Bewegungen zugewandt. Bei ersterer haben uns namentlich die Verhältnisse des Zwischenknochenraumes und die Stellung der Vorderarmknochen zu einander in *statu pronationis et supinationis* interessirt. Wir haben versucht auf Grund von Messungen am Gefrierpräparate die Veränderungen am Zwischenknochenraume bei den Rotationsbewegungen zu präcisiren und den sonst üblichen Beschreibungen einige Details hinzuzufügen, die von dem Landläufigen abweichen.

Bei der Pathologie der Vorderarmbewegungen galt es die einzelnen Hindernisse nach den in Frage kommenden pathologischen Factoren, nämlich Callusbildung, Dislocation,

Pseudarthrose, Weichteilveränderungen, zu gliedern. Von diesem Standpunkte ausgehend haben wir unsere eigenen Beobachtungen und die verwendbaren casuistischen Mitteilungen in ein Schema einzuordnen versucht — dabei hat allerdings ein wenn auch sehr geringer Teil der von uns gesammelten Fälle wegfallen müssen. Wir haben die Fälle unter Weglassung von Nebensächlichem wörtlich wiedergegeben, wie sie der jew. Autor publicirt hat. Geschah es einesteils zum Zweck einer Inventur des in der uns zugänglichen Litteratur vorhandenen einschlägigen Materials, so war es vor allem die Absicht, dem Leser die Controlle unserer Ausführungen an der Hand des von uns benutzten Rohmaterials zu ermöglichen.

Statistik zu machen halten wir uns noch nicht für berechtigt, dafür ist die Anzahl der Fälle zu gering — eine weitere Fehlerquelle würde die noch ungeklärte Rolle der Pseudarthrose am Vorderarm als Drehungshindernis bilden. Solches muss einer Sammelforschung überlassen bleiben, und zwar auf Grundlage der anatomischen Ursache festgestellt werden; bergen doch z. B. die grössen englischen Museen eine Fülle von interessanten Difformitäten einschlägiger Art.

Anatomie und Physiologie des Vorderarmes.

Die epiphysären Enden der Vorderarmknochen, welche dem Diaphysenteile gegenüber an Länge bedeutend zurücktreten, sollen bei der Beschreibung der Radio-ulnargelenke Berücksichtigung finden. Sieht man von einer stärkeren radialwärts gerichteten convexen Ausbiegung der Radiusdiaphyse ab, so wird letztere in ihrer Form im Allgemeinen von der Ulnadiaphyse in umgekehrter Richtung wiederholt. Bis gegen das untere Ende der tuberositas radii und ein wenig darüber hinaus ist das corpus radii von nahezu cylindrischer Gestalt; an dieser Stelle befindet sich der proximale Fusspunkt der convexen Ausbiegung des Radiuschaftes, wobei zugleich die cylindrische Form desselben einer dreikantigen Platz macht, welche letztere er unter allmählicher Verbreiterung seines Querschnittes bis an sein distales Ende beibehält.

Während also das Querschnittsbild des Radiuschaftes in dessen oberstem Teile einem Kreise nahe kommt, repräsentirt dasselbe in seinem unteren längeren Teile Dreiecksform, genauer ausgedrückt einen Kreissector, dessen Spitze die crista interossea wiedergiebt, in welcher sich die beiden flach-concaven facies volaris und facies dorsalis radii schneiden, und dessen Bogenseite durch die convexe facies lateralis radii gegeben ist. Die crista interossea radii macht die radiale Ausbiegung in viel schwächerem Maasse mit als der Radiuschaft als Ganzes.

Am Ulnaschaft beginnt die Dreiecksfigur au niveau mit dem *processus coronoideus*. Die laterale Fläche ist hier nur leicht convex, die vordere und die hintere Fläche sind flach-conav. Entsprechend dem oberen Rande des *pronator quadratus* geht die dreikantige Form in die cylindrische über.

An ihren epiphysären Enden gehen Radius und Ulna eine Contactverbindung unter Bildung der Radio-ulnargelenke ein; die Diaphysenteile sind längs den *cristae interosseae* durch das Zwischenknochenband mittelbar mit einander verbunden. Im oberen Radio-ulnargelenk trägt die Ulna die Gelenkpfanne in Gestalt der *cavitas lunata minor*, mit welcher das *capitulum radii* als Gelenkkopf articulirt. Die *circumferentia articularis radii* übertrifft die Gelenkpfanne an Ausdehnung und nimmt etwa den dritten Teil des *capitulum radii* ein.

Im unteren Radio-ulnargelenk kehrt sich das Verhältnis um. Die Ulna bildet den Gelenkkopf, während die Gelenkpfanne zum Teil von der *incisura semilunaris radii* gebildet zum Teil von der *cartilago triangularis* ergänzt wird.

Das Zwischenknochenband verbindet die *cristae interosseae* mit einander vom carpalen Ende aus gerechnet bis gegen die *tuberositas radii* hin, hört also 2—3 cm. vom *capit. radii* auf. Eine gleiche Angabe über das *lig. inteross.* findet sich bei Sernow (S. 207), welcher dasselbe an dieser Stelle beginnen lässt.

Hier marquirt sich ein stärkeres Bündel — die *chorda transversalis*, welche vom *proc. coronoideus* entspringend, sich am Radius unterhalb der *tuberositas* ansetzt. Die *chorda transversalis* wäre mithin als Abschluss des Zwischenknochenbandes nach oben hin zu betrachten. Die Andeutung von Zwischenknochenraum, welche sich oberhalb der *Tuberositas* befindet, ist von einem Gewebe erfüllt, welches teils von der Gelenkkapsel teils von den Sehnenansätzen des *m. biceps* und *brachialis internus* schwer zu scheiden ist.

Der zwischen den beiden Vorderarmknochen befindliche Raum, der sog. Zwischenknochenraum, hat als solcher bisher keine genauere Berücksichtigung gefunden. Beschreibungen desselben berücksichtigen nur denjenigen Teil, welcher von den *cristae interossea* begrenzt wird, also nur eine Ebene, die man sich durch dieselben gelegt denken könnte. Halten wir aber an der richtig gewählten Benennung dem „Zwischenknochenraum“ fest, so werden uns auf der Suche nach Flächen, die einen solchen Raum begrenzen und bilden helfen müssen, die volaren und dorsalen Flächen der dreikantigen Knochendiaphysen entgegentreten, welcheschräg gegen das *ligamentum interosseum* hin abfallen. (Fig. 1. m. n. o. p.)

Wir finden am Querschnitt das gleiche Bild auf dem dorsalen und volaren Teile des Vorderarmes, was die Unterscheidung eines ventralen (Fig. 1. *axx*₁, b) von einem dorsalen (*cxx*₁, d) Zwischenknochenraum gerechtfertigt erscheinen lässt, welche beide in der Zwischenknochenenge dem *isthmus* (*xx*₁) zusammenstossen. Letzterer lässt sich durch eine durch die *cristae interossea* gelegte Ebene wiedergeben und wird von dem *ligamentum interosseum* ausgefüllt.

Den Boden beider Zwischenknochenräume bildet also das *ligamentum interosseum* — zugleich eine Art von Scheidewand zwischen denselben. Die Seitenwände bilden die Flächen m. n. o. p. Den gedachten Abschluss bildet eine vierte durch die *marginis ventrales* und *dorsales* (Fig. 1. a. b. c. d.) gelegte Ebene, in denen sich *facies volaris* und *dorsalis* mit den *facies laterales* (y, z) schneiden.

Wir analysirten die Raumverhältnisse der beiden *spatia interossea* in der Weise, dass wir die entspr. Messungen an gefrorenen und gehärteten, in Serienschnitte zerlegten

Anm. Die Fig. 1—6 zeigen die Contouren des Knochen- und Muskelquerschnittes am Präparate. Dieselben sind im Druck verkleinert worden.

Präparate ausführten und die Gesamtform der spatia inteross. gleichfalls am gehärteten Präparate bestimmten.

Es wurden an einem Vorderarm (Länge vom capit. radii bis zum Radio-ulnargelenk ca. 25 cm.) Querschnitte in der Höhe von 6 cm., $10\frac{1}{2}$ cm. und $15\frac{1}{2}$ cm. gemacht und an den Querschnittsbildern die Messungen ausgeführt (Fig. 1. 3. 5.).

Es bedeuten:

- x. crista interossea radii
- x₁ crist. int. ulnae
- a. margo ventralis radii
- b margo ventralis ulnae
- c. margo dorsalis radii
- d. margo dorsalis ulnae
- t. Tiefe des spat. int. volare
- t₁ Tiefe des spat. int. dorsale
- M. volarer Muskelquerschnitt
- M₁ dorsaler Muskelquerschnitt.

In der Höhe von 6 cm. waren:

xx ₁ = 1,7 cm.	t ₁ = 0,6 cm.
ab = 3,0 cm.	M = 1,4 cm.
cd = 3,0 cm.	M ₁ = 0,8 cm.
t = 0,7 cm.	

In der Höhe von $10\frac{1}{2}$ cm.:

xx ₁ = 1,6 cm.	t ₁ = 0,6 cm.
ab = 4,0 cm.	M = 1,5 cm.
cd = 3,7 cm.	M ₁ = 0,65 cm.
t = 0,8 cm.	

In der Höhe von $15\frac{1}{2}$ cm.:

xx ₁ = 0,6 cm.	t ₁ = 0,7 cm.
ab = 3,4 cm.	M = 1,9 cm.
cd = 3,4 cm.	M ₁ = 1,0 cm.
t = 0,7 cm.	

Gegen die Gelenkenden hin wird xx₁ zusehends schmaler und ergaben Serienmessungen am ausgeweiteten spatium interosseum in der Ausdehnung von

0-6 cm. $xx_1 = 0,2; 0,4; 0,7; 0,9; 1,1; 1,2; 1,4; 1,5$

6-10,5 cm. $xx_1 = 1,6 - 1,7$

10,5-15,5 cm. $xx_1 = 1,7; 1,4; 1,2; 1,0; 0,7$ etc.

In der Höhe von 18 cm. endete der isthmus (xx_1) indem er entspr. dem Beginn der tuberositas radii spitz zulief und zwar weniger elliptisch geschwungen, als am carpalen Ende. Im Ganzen stellt sich der isthmus als eine elliptische Figur dar, welche in ihrer unteren Hälfte breiter, in ihrer oberen schmaler ist.

Die Werte ab, cd nehmen nicht in gleicher Weise wie xx_1 ab. Kante a und b kreuzen sich in der Höhe der tuberositas radii, am carpalen Ende divergiren sie. Kante c und d kreuzen sich am carpalen Ende und divergiren hingegen am oberen Ende.

Die Werte t und t_1 nehmen gegen die Epiphysen hin ab, aber nur sehr allmählich; erst wenige cm vor den Spitzen der Isthmusellipse beginnen sich dieselben rapid zu verkleinern.

Vereinigen wir all' die angeführten Maasse zu einem Gesamtbilde, so lässt sich die Form der Zwischenknochenräume construiren.

Beide, sowohl das ventrale als das dorsale spatium interosseum, haben die Form eines nach seinen Enden hin sich verschmälernden Kahn's, dessen Boden das Zwischenknochenband und dessen Wände die nach den Enden hin convergirenden ventralen und dorsalen Flächen der Vorderarmknochen bilden. Die Querschnitte der genannten Räume sind Trapeze, welche gegen die epiphysären Enden hin immer kleiner werden und gegen diese hin die Neigung zeigen auf Kosten der Seite xx_1 in Dreiecke überzugehen.

Der Inhalt beider Zwischenknochenräume besteht neben Gefässen und Nerven der Hauptmasse nach aus Muskulatur und die Betrachtung derselben führt uns zur Physiologie der Vorderarmbewegungen.

Die Vorderarmmuskulatur zerfällt in zwei Klassen. Die eine hat mit den speciellen Vorderarmbewegungen

garnichts, oder nur wenig zu thun') — es sind das die Strecker und Beuger; die zweite Klasse besorgt die Bewegungen, welche im Vorderarmskelett selber vor sich gehen — das sind die Pronatoren und Supinatoren.

Für die supinatorische Thätigkeit sind herangezogen worden: die *mm. biceps, supinator longus* und *supinator brevis* — für die Pronationsbewegungen der *m. pronator teres* und der *pronator quadratus*.

Ueber die Rolle einiger dieser Muskeln herrscht bis zur Stunde noch keine Einstimmigkeit und sind namentlich die Functionen der *mm. supinator longus, pronator quadratus* und *biceps* eifrig discutirt worden.

Betrachten wir zunächst die Supinatoren — dieselben inseriren sich durchweg am Radius und zwar in folgender Weise: der *supinator brevis* schlingt sich um das obere RADIUS-ende herum, der *biceps* inserirt sich an der *tuberositas radii*, der *supinator longus* oberhalb des *proc. styl. radii*.

Was zunächst den *m. biceps* anbetrifft, so ist seine Stellung als kräftiger Supinator gesichert (Welcker S. 20)²⁾. Am pronirt gehärteten Vorderarm spricht das Hinblicken der Vorderfläche der *tuberositas radii* nach der Ulna, gleichwie die Einbeziehung der Bicepssehne zwischen *tuberositas* und *ulna* dafür, — Verhältnisse, die in *statu supinationis* verschwinden. Ein solches Verhalten wird aber nicht allseitig zugegeben, so von Lecomte (S. 669) nicht, welchem wir genaue Untersuchungen über die Drehungsbewegungen am Vorderarme verdanken³⁾. Gegen diesen Einwurf von

1) Nach Welcker unterstützen die *mm. extens. carpi rad. longus, brevis, indicator, ext. poll. long. und brevis* die Thätigkeit der Supinatoren; die *Mm. flex. carp. rad und flex. digit. sublim.*, die der Pronatoren.

2) der *biceps* ist weitaus der kräftigste aller Supinatoren. liegt der Radius in Pronation, so umwindet ihn die Sehne des *biceps* ganz in derselben Richtung, wie die Muskelfasern des *supinator brevis* dies thun und physiologisch könnte man den *sup. brevis* sehr wohl als einen accessorischen, für die Supinationswirkung des *biceps* bestimmten Kopf dieses Muskels ansehen.

3) quatre muscles sont pour nous les muscles essentiellement rotateurs de la main. Si d'autres muscles interviennent, comme le *biceps* par exemple, dans la supination, c'est un concours tout à fait accessoire et non nécessaire.

Leconte spricht, abgesehen von den oben erwähnten anatomischen Befunden auch was Weleker hervorhebt, dass nämlich die Supinationsbewegung am Vorderarm mit erheblich grösserer Kraft als die Pronation ausgeführt wird, welches Uebergewicht auf Rechnung der Bicepswirkung zu setzen ist. Dieselbe hilft die Supinationsbewegung einleiten und den Schluss besorgt die Thätigkeit des *supinator brevis*. Der rel. geringe Querschnitt des *sup. brevis* könnte, auf sich selbst angewiesen, bei der weiter unten angeführten Thätigkeit des *supinator longus*, kaum einer Kraftentfaltung genügen, wie sie die Technik an die Supinationsbewegungen knüpft (Bohrer, Schrauben).

Dem *m. supinator longus* oder *brachio-radialis* ist eine *supinatorische* Thätigkeit seinerzeit von Henle abgesprochen worden und findet sich diese Anschauung auch in den neuesten Lehrbüchern der Anatomie vertreten. So sagt Rauber (S. 437): „der *brachioradialis*, früher *supinator longus* genannt, ist kein Supinator sondern ein Beuger des Vorderarmes“. Meyer (S. 67) und Weleker (S. 6–10) schliessen sich der Henle'schen Ansicht nicht an. Nach Meyer kann dieser Muskel die Hand zwar nicht in vollkommene Supinationsstellung bringen, doch kann er dieselbe aus der Pronationsstellung im Sinne der Supinationsbewegung bis ungefähr zur Mittelstellung hin bewegen und für diese Thätigkeit des Muskels müsse die Richtung der Bewegung nicht die Grösse des Ausschlages maassgebend sein.

Nach Weleker ist der *supinator longus*, neben seiner unverkennbaren Beugewirkung, Drehmuskel des Radius und zwar je nach der Stellung, in welcher sich derselbe befindet in *pronirendem* und *supinirendem* Sinne — mit einem Wort sein eigener Antagonist. Weleker spricht diese Ansicht auf Grund von Experimenten aus, nach welchen dem *m. supinator longus* eine regulirende Wirkung auf den Radius zukommt, die denselben in Parallelstellung zur Ulna zu bringen

vermag, mag sie ihn nun in Dorsal- oder Volarflexion vorfinden“. 1)

Der supinator longus kann also, wiewohl derselbe niemals vollendete Pronation und Supination erzeugen kann, den Radius abwechselnd in pronirende und supinirende Richtung drehen. 2) Welcker zieht zur Stützung dieser seiner Ausführungen eine Angabe von Ziemssen heran (Die Electricität in der Medizin Berlin 1857, S. 60), nach welcher directe electricische Reizung des supinator longus Beugung des Vorderarmes in einer Stellung bewirkte, welche zwischen Pronations- und Supinationsstellung die Mitte hielt.

Die Gruppe der Pronatoren setzt sich aus dem m. pronator teres und pronator quadratus zusammen. Ersterer inserirt sich an der tuberositas pronatoria der Radiusdiaphyse, welche ungefähr der Mitte derselben entspricht, und schlingt sich um dieselbe herum, letzterer zieht von der Vorderfläche des Radius schräg aufwärts nach der Ulna hin, um sich um deren unteres Ende herumzuschlingen. Der pronator teres gilt allgemein als kräftiger pronirender Muskel, nicht aber so der pronator quadratus. Hyrtl (S. 456) erkennt die Wirkungsweise des Muskels, wie sie sein Name voraussetzen lässt, nicht an. Von dem Standpunkte aus, dass nur der Radius bei den Pronationsbewegungen sich

1) Dorsal- und Volarflexion des Radius sollen den sonst üblichen Bezeichnungen Supinations- und Pronationsbewegung entsprechen.

2) S. 8. . . . Die beiden Insertionsstellen des m. sup. longus liegen bei Parallelstellung der Knochen einander um mindestens 3 mm. näher als bei jeder der beiden Arten von Wegdrehung des Radius und sie können, sofern Beugung des Vorderarmes im Ellenbogengelenke ausgeschaltet bleibt, in keine grössere Annäherung zu einander gebracht werden. Der Muskel wirkt hiernach ganz ähnlich, wie ein elastischer Zug, welcher parallel der Axe einer drehbaren auf Zapfen laufenden Säule, einerseits an dieser letzteren, andererseits an dem Boden, auf welchem, das untere Ende der Säule sich dreht befestigt ist. Dreht man die Säule um ihre Axe, so wird der Kautschukstrang sich spirallig aufwinden, sich selbst überlassen wird die Säule durch den Kautschuk in ihre ursprüngliche Lage zurückgeführt werden -- beides aber in gleicher Weise, mochte die Säule nun nach rechts oder nach links gedreht worden sein.

bewege, müsste sich der pronator quadratus um den Radius herumkrümmen und nicht um die feststehende Ulna. Denselben Gedanken hat Lecomte (S. 141), ein eifriger Verfechter der Lehre von der Mitbewegung der Ulna, sich dienstbar gemacht und interpretirt die Function dieses Muskels in neuer origineller Weise. Lecomte unterscheidet nur vier rotatorische Muskeln¹⁾ des Vorderarmes und der Hand, und zwar, zwei für den Radius und zwei für die Ulna. Der Radius wird durch den pronator teres pronirt und durch den supinator brevis supinirt. Von der Ulna heisst es bei ihm:

„Le cubitus doit avoir et a réellement selon nous des muscles rotateurs, un muscle pronateur et un muscle supinateur. Le premier est l'anconé, le second est le carré pronateur le muscle anconé imprime à l'extrémité supérieure du cubitus ce mouvement de pronation, que nous avons constaté plus haut, comme étant un mouvement spiroïde en arrière et en haut. L'anconé est donc un des rotateurs du cubitus, c'est le pronateur cubital. La faradisation musculaire confirme pleinement ce rôle.“

In entsprechender Weise charakterisirt er die Thätigkeit des pronator quadratus:

„Le muscle carré pronateur est pour nous le supinateur cubital. Cela ressort manifestement des dispositions anatomiques, que nous allons rappeler et qui ont été jusqu'ici mal interprétés. Ce muscle est épais quadrilatère à fibres transversales en partie musculaires, en partie tendineuses. Il s'insère, d'une part au radius sur le bord externe, la face antérieure concave et le bord interne dans la hauteur du quart inférieur de cet os, d'autre part au cubitus dans son quart inférieur. Ici il affecte une disposition très remarquable, il

1) Wie bereits oben erwähnt berücksichtigt er den m. biceps als supinator garnicht.

s'enroule autour du cubitus, audessus de la petite tête cubitale, comme autour d'une poulie et aussi comme fait le court supinateur au dessous de la petite tête radiale, il couvre la face antérieure, la partie interne du cubitus et vient s'implanter au bord, qu'on appelle interne, et qui est en réalité postérieur. Ce muscle est, avons nous dit, le supinateur cubital. Il est difficile en effet d'admettre, que l'enroulement de ce muscle autour du cubitus ait pour effet de faire tourner le radius, sur lequel il s'insère surtout dans une portion concave Si l'on établit une parallèle entre les deux muscles pronateurs, comme entre les deux muscles supinateurs, on est frappé des analogies, qui existent entre les muscles homonymes et synergiques: pour les pronateurs, analogie de forme, de direction, d'insertions; pour les supinateurs, analogies également de forme et d'insertions puisqu'ils s'enroulent tous les deux autour de l'os mobile, au voisinage d'une petite tête osseuse cubitale ou radiale.

Heiberg (S. 85) bestreitet die pronatorische Thätigkeit des anconaeus quartus. Auch den pronator quadratus hält er nicht für einen pronirenden Muskel; seine Hauptwirkung sieht er darin, die incongruenten Teile des unteren Radio-ulnargelenkes nach Art eines um das Handgelenk gelegten Gummiringes gegeneinander in ihrer jeweiligen Stellung zu fixiren.

Für die pronatorische Thätigkeit des pronator quadratus tritt Weleker ein. Von seiner Theorie der Charnierbewegung am Vorderarme ausgehend, räumt er gegen Hyrtl dem pronator quadratus die Rolle eines kräftigen Pronators ein, da derselbe die Charnieraxe auf der Beugeseite kreuzt, mit hin proniren muss.

Ein entscheidendes Wort in dieser Frage zu sprechen ist vorderhand unmöglich. Für das Experiment am Lebenden bildet die versteckte Lage des Muskels ein Hindernis. Auf einige interessante Momente sei aber hier noch hingewiesen.

Nach Rauber (S. 433) hat der pronator quadratus Beziehungen zum tiefen Kopf des pronator teres, insofern als bei manchen Beuteltieren und Carnivoren eine fortlaufende Muskelschicht den tiefen Kopf des pronator teres mit dem pronator quadratus verbindet. Welches Moment hat die beiden Muskeln nun getrennt und ihren Ansatz modificirt? Wäre es vielleicht eine Abänderung der Function?

Ein anderes Moment wäre das folgende: Die Hyrtl-Lecomte'sche Ansicht hat das für sich, dass dieselbe den Bau des unteren Radio-ulnargelenks nach dem Fick'schen Gesetz erklären lässt, indem das untere Ulnaende in Abhängigkeit vom Muskelansatz (pron. quadr.) den Gelenkkopf bildet und entspr. dem Ansatz des pronator quadratus plötzlich in die cylindrische Form übergeht. Nach den Fick'schen Ausführungen müsste, falls der pronator eine analoge Wirkung wie der pronator teres hätte, das untere Radio-ulnargelenk das obere wiederholen. Dürfen wir der eigenen Ansicht Ausdruck geben so stellen wir uns die Thätigkeit der Muskeln bei der Pronation in der Weise vor, dass der pronator teres es ist, welcher gewissermassen den Ton angiebt die Pronation so weit führt bis die ventralen Flächen der Knochen sich gegenüber zu stehen beginnen, dann erst wirkt die Tendenz des pronator quadratus dieselben einander zu nähern

Soviel über die Thätigkeit der einzelnen Muskeln. Ihre vereinigte physiologische Wirkung geht dahin, die beiden Knochen des Vorderarmes gegen einander zu drücken, um einander rotiren zu lassen und muss es zunächst dahingestellt bleiben, wie sich des Genaueren die Rollen auf die einzelnen Muskeln verteilen, ob nun beide Muskeln oder nur der pronator teres der Bewegung den Stempel der Pronation aufdrückt.

Den Effect der Wechselwirkung aller genannten Muskeln lesen wir an den jeweiligen Stellungen der Hand ab. Die thatsächlich vorhandenen Formveränderungen am Vorderarm fallen zu wenig in's Auge. Derselbe geht bei der

Pronation aus der in dorsoventraler Richtung abgeplatteten Form in eine mehr cylindrische über. Die extreme Supinationsstellung, bei welcher die vola nach oben, der Daumen lateralwärts blickt ist ein Willensprodukt, gleichwie die extreme Pronationsstellung, bei welcher die vola nach unten, der Daumen medialwärts schaut. Die absichtslose Haltung bei etwa schlaff herunterhängender oberer Extremität ist eine Mittelstellung zwischen den beiden Extremen — die Semipronationsstellung.

Die inneren Vorgänge am Vorderarmskelett haben in ihrer Deutung ebenfalls verschiedene Stadien durchgemacht, namentlich was die Mitbewegung der Ulna anbetrifft. Die neueste Arbeit, welche sich mit dieser Frage beschäftigt, ist die oben citirte Arbeit von Heiberg, welche dieselbe historisch und experimentell beleuchtet. Die bis in's 18. Jahrhundert herrschende Lehre von der alleinigen Drehung des Radius bei den Rotationen des Vorderarms wurde zuerst von Winslow angegriffen die gleichzeitige Drehung der Ulna ist später von Lecomte und zuletzt von Heiberg durch Pinselversuche endgültig bewiesen worden. Heiberg kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Bei den Rotationen des Vorderarms macht die Ulna regelmässige zwangläufige Bewegungen mit.
2. Die Axe der Ulnabewegung ist für gewöhnlich 1,2 cm. vom proc. styloideus entfernt.
3. Das untere längere Ende (der Schaft) der Ulna bewegt sich nach der Mantelfläche eines längeren, das obere kurze Ende (das olecranon) nach der Mantelfläche eines anderen conformen Kegels, welche beiden ihre gemeinsame Spitze in der fossa sigmoidea ulnae haben, so dass der Ausschlag am unteren Ende nur deswegen deutlicher beobachtet wird, weil der Hebelarm ein unverhältnismässig längerer ist.

Die Drehungen des Vorderarmes sind somit als gegenseitig vicarirende Functionen der beiden Knochen zu betrachten, welche beide rotiren

Des Genaueren läuft bei der Pronationsbewegung der *processus styloideus radii* von der lateralen auf die mediale Seite in einer flachen Curve, welche ca. 90° eines hinzuconstruirten Kreises beträgt. Seine Bahn beträgt 160° seine Ortsveränderung 4,6 cm. Die Curve des *processus styloideus ulnae*, welche radialwärts läuft, ähnelt einem Kreise mit einem Halbmesser von 1,2 cm. und beträgt auf den Kreis übertragen fast 180°. Seine Ortsveränderung beträgt 2,5 cm. Die Excursionen des *olecranon* sind bei dem kurzen Hebelarm verschwindend klein. Hier greift der *anconaeus* an und ist es nicht unverständlich, dass derselbe, wie *Lecomte* annimmt die kleine pronatorische Bewegung am *olecranon* bewirkt, welche vermöge des unteren langen Hebelarms am *proc. styloideus ulnae* als relativ grosser Ausschlag abzulesen ist.

Drei Gelenke sind bei den Rotationen des Vorderarmes beschäftigt. Von diesen hat das humero-radiale Gelenk nebensächliche Bedeutung. Im oberen Radio-ulnargelenk dreht sich das *capitulum radii* um seine Axe, indem es auf der Gelenkfläche der Ulna hin und her gleitet. Im unteren Radio-ulnargelenk verschieben sich die Gelenkflächen in entgegengesetzter Richtung gegen einander so, dass die Stellung der Gelenkteile zu einander kaum gestört wird.

An einem Querschnitt durch das untere Radio-ulnargelenk eines in extremer Supinationsstellung und eines in extremer Pronationsstellung gefrorenen und gehärteten Präparates konnten wir eine nur sehr geringe Annäherung des *proc. styloideus ulnae* an den vorderen resp. den hinteren Rand der *incisura semilunaris radii* nachweisen. *Lecomte* spricht sich in gleichem Sinne aus¹⁾.

Viel ausgesprochenere Veränderungen zeigen die Stellungen der Diaphysen- und Metaphysen in den einzelnen Drehungsphasen zu einander, zugleich machen sich Veränderungen an den Zwischenknochenräumen geltend. Diese letzteren Verhältnisse findet man in den Lehrbüchern nur insoweit berücksichtigt, als es heisst: Die Knochen über-

1) . . . „la distance et la position respective des deux apophyses sont à peu près invariablement les mêmes“.

kreuzen sich bei der Pronation, nähern sich einander bei derselben und entfernen sich von einander bei der Supination. Eine derartige Beschreibung ist viel zu aphoristisch, wenn man nicht von dem Knochen als Ganzem ausgeht, sondern in Erinnerung der oben geschilderten Details an die einzelnen Flächen der Knochen denkt. Namentlich für die Supination treten uns dabei bisher noch nicht berücksichtigte Thatsachen entgegen; wie aus dem Weiteren ersichtlich sein soll.

Zunächst die Stellung der Knochen zu einander. In statu supinationis stehen sie einander fast parallel. In vollkommener Pronationsstellung überkreuzen sie sich. Während capitulum und collum radii auf der lateralen Seite bleiben, ist die ventrale Fläche des Radius, von der tuberositas radii ab, der entspr. Fläche der Ulna zugekehrt, bedeckt dieselbe bis gegen 3,5—4 cm. vom unteren Ende derselben. Die Kreuzung der Längsachsen beider Knochen geht ca. 10 cm. vom unteren Ende vor sich. Das carpale Ende des Radius und zwar seine untersten 3—4 cm. sind nach der medialen Seite hinübergetreten, das capitulum ulnae ist nach der radialen hin abgewichen.

Ueber das Verhalten des isthmus interosseus der beiden Zwischenknochenräume und der übrigen Weichteile geben die an Querschnitten von Gefrierpräparaten von uns ausgeführten Messungen Auskunft. Dieselben wurden parallel am pronirten und supinirten Vorderarm eines und desselben Individuums ausgeführt.

Wir erhielten die folgenden Werte:

In der Höhe von 6 cm. betragen:

	am sup.	am pron. Vorderarm.
xx ₁	1,7 cm.	0,6 cm.
ab	3,0 cm.	2,4 cm.
cd	3,0 cm.	—
t	0,7 cm.	0,9 cm.
t ₁	0,6 cm.	0,4 cm.
M	1,4 cm.	1,6 cm.
M ₁	0,8 cm.	0,8 cm.

Am pronirten Vorderarm wird der isthmus interosseus um 1.1 cm. enger, das lig. interosseum passt sich der Verengung an; die cristae ventrales der beiden Knochen nähern sich um 0.6 cm., während sich die dorsalen sehr stark von einander entfernen (Fig. 2). Das spatium interosseum ventrale wird um 0.2 cm. tiefer, das dorsale um 0.2 cm. flacher. Die ventrale Muskelschicht wird um 0.2 cm. dicker, die dorsale zeigt fast keine Veränderung. Während das Querschnittsbild der spatia interossea am sup. Vorderarm einander fast congruente Trapeze zeigt, finden wir am pronirten Vorderarm das ventrale spatium in ein Viereck verwandelt, dessen Verhältnisse die Zeichnung besser illustriert (Fig. 2) als die Beschreibung. Wir sehen an derselben, wie sich die Flächen m und n einander bedeutend nähern, eine Verengung des Zwischenknochenraumes verursachen, während die dorsalen Flächen o und p sich von einander entfernen.

In der Höhe von 10,5 cm.:

	am sup.	am pron. Vorderarm.
xx ₁	1,6 cm.	0,8 cm.
ab	4,0 cm.	2,5 cm.
cd	3,7 cm.	—
t	0,8 cm.	1,6 cm.
t ₁	0,6 cm.	—
M	1,5 cm.	2,7 cm.
M ₁	0,65 cm.	0,6 cm.

Der isthmus ist um die Hälfte enger geworden. Die cristae ventrales a und b sind einander um 1,5 cm. näher gerückt, hingegen die cristae dorsales c und d bedeutend auseinandergerückt.

Das spatium interosseum ventrale ist um 0,8 cm. vertieft. Ein spatium interosseum dorsale existiert nicht mehr, da sich die Flächen o und p in ihrer Verlängerung auf dem dorsum schneiden (Fig. 4). Die Muskulatur an der ventralen Seite ist um 1,2 cm. verdickt, am dorsum ist dieselbe um fast 1 mm. verschmälert. Das spatium inteross. ventrale geht in eine annähernd dreieckige Form über. Die

Knochen verschieben sich in ihrer Lage nicht zur aufliegenden Muskulatur. Die Muskulatur des Zwischenknochenraumes ist zusammengedrückt, so dass sie gewissermassen hervorquillt. Das Lig. interosseum ist gefaltet.

In der Höhe von 15,5 cm:

	am sup.	am pron. Vorderarm.
xx ₁	0,6 cm.	0,4 cm.
ab	3,4 cm.	1,5 cm.
cd	3,4 cm.	—
t	0,7 cm.	1,4 cm.
t ₁	0,7 cm.	—
M	1,9 cm.	2,8 cm.
M ₁	1,0 cm.	0,9 cm.

Der Isthmus ist um 0,2 cm enger geworden, Kante a und b sind einander um 1,9 cm näher gerückt. c und d sind um ein bedeutendes von einander entfernt (Fig. 6). Der ventrale Zwischenknochenraum ist um 0,7 (das Doppelte) vertieft und hat seine Trapezform in ein fast spitzwinkliges Dreieck verändert. Das spatium interosseum dorsale ist verschwunden. Die Muskulatur ist ventral um 0,9 cm verdickt, dorsal um 0,1 cm verschmälert. Die Knochen verändern ihre Lage zu der sie bedeckenden Muskulatur nicht. Ziehen wir nunmehr ein Resumé aus den angeführten Messungen, so ergibt sich,

dass bei der Pronation der Isthmus interosseus und der ganze ventrale Zwischenknochenraum durch gegenseitige Annäherung der ventralen Knochenflächen enger und tiefer wird, der dorsale hingegen durch Auseinanderweichen seiner Seitenflächen unter allmählicher Abflachung verloren geht. Bei der Supination verbreitert sich das ventrale spatium interosseum, während sich das dorsale durch gegenseitige Annäherung seiner Seitenwände verengert und vertieft“ (Fig. 1—6).

Am ausgeweiteten ventralen Zwischenknochenraum des pronirt gehärteten Vorderarmes finden sich folgende Verhältnisse: Im Verlauf des untersten Viertels ist derselbe

zu einem 6 mm breiten Spalt geworden, welcher vom Muskelfleisch des pronator quadratus ausgefüllt ist. Den Spalt begrenzen die Flächen m und n. Ueber das erste Viertel und Drittel hinaus divergiren die ventralen Knochenflächen allmählich, um von ungefähr der Mitte des Vorderarmes ab sich allmählich einander wieder zu nähern.

Die oben geschilderten Drehungsvorgänge im Vorderarm werden durch die jeweilige Stellung der Hand wiedergegeben, welche mit den Bewegungen des Radius aus anatomischen Gründen Schritt hält. Gehen wir von der absichtlosen Stellung, der Semipronationsstellung aus, so ist eine Bewegung nach der Richtung der Supination bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogengelenk und fixirtem Oberarm so weit möglich, dass das dorsum manus dem Fussboden zugewendet und parallel steht. Die extreme Pronationsstellung stellt die vola manus dem Fussboden zugewendet und parallel. Der Weg zwischen den beiden extremen Stellungen beträgt 180° . Denken wir aber daran, dass nach Heiberg (S. 74) und Braune-Flügel (S. 169) die Excursion des Radius nur 160° beträgt, so harren die übrigen 20° ihrer Erklärung.

Dieses liesse sich unserer Ansicht nach in folgender Weis geben. Wir erwähnten an einer früheren Stelle die von Welcker betonte Mitwirkung gewisser Extensoren und Flexoren an der Supination resp. Pronation. Ihr Angriffspunkt ist die Hand, und ist der Radius am Ende seiner Excursion angekommen, so greifen dieselben ein, sprechen gewissermassen das letzte Wort. Dass dem so ist, dafür spricht ein am eigenen Vorderarm leicht nachzuahmender Versuch. Man beuge denselben bis zu einem rechten Winkel, fixire den Oberarm und mache die Supinationsbewegung. Kurz vor Schluss derselben macht sich eine Sensation unterhalb des condyl. externus humeri in den Extensorenbäuchen geltend, welche zugleich härter werden wenn die extreme Supinationsstellung erreicht wird. Ein ähnliches fühlen wir bei der Pronationsbewegung erst kurz vor dem Schluss

derselben in den Flexorenbäuchen; zugleich sehen wir das Extrem der Supinationsstellung resp. Pronationsstellung erreicht. Auf diese beiden Schlussbewegungen der Hand sind die übrig bleibenden 20° gleichmässig zu verteilen.

Welche Momente hemmen die Rotationsbewegungen? Man spricht von einer Knochenhemmung und einer Weichteilhemmung. Erstere ist in den Radio-ulnargelenken mit dem Aufhören der Gelenkfläche am capitulum radii et ulnae gegeben. Nach Bardenheuer (S. 2) stemmt sich die vordere oder die hintere Kante der semilunaren Gelenkfläche am Radius an die Leisten der Ulna, welche in den processus styloideus auslaufen. Wie wir schon früher erwähnten bleibt letzterer in grösserer Entfernung von den genannten Kanten (1,6—1,8 cm). Das Zurücktreten der Knochenhemmung gegenüber der Weichteilhemmung hat Schüller¹⁾ betont. Nach ihm wird die Rotation weniger durch Knochenvorsprünge, als durch Spannung der antagonistischen Muskeln und Bänder gehemmt. Die Pronation hemmen nach ihm, die Spannung des lig. annulare, das lig. cubito-radiale der vorderen Kapselwand, der Kapsel und Bänder des unteren Radio-ulnargelenkes des biceps, supinator brevis und longus, weniger der Extensoren. Die Supination hemmt: Spannung des gleichen Kapsel- und Bandapparates in der radialen Hälfte des Ellenbogengelenks, im unteren Radio-ulnargelenke des Lig. cubito-radiale und der Membrana interossea, der Mm. pronator teres, quadratus und der radialen Flexoren der Hand.

Hinzuzufügen wäre unserer Ansicht nach für die Pronations- und Supinationshemmung die elastische Compression der im Zwischenknochenraum befindlichen Muskulatur, was aus den oben angeführten Messungen des Muskelquerschnittes bei Supination und Pronation hervorgeht.

1) cf. Bardenheuer S. 2.

Die normale Excursion der Rotationsbewegungen des Vorderarmes, die also 180° beträgt wird noch durch die Thätigkeit des Schultergelenks vergrößert, indem die Einwärtsroller des humerus eine Hyperpronation, die Auswärtsroller eine verstärkte Supination bewirken können. Bei gestrecktem Arm addiren sich zur Pronation 90° hinzu, was einen Gesamtausschlag von 270° ausmacht; zur extremen Supinationsstellung kommt bei gestrecktem Vorderarm etwa ein halber Rechter hinzu.

Bei Beugung des Ellenbogengelenkes und Fixirung des Schultergelenkes fallen diese Ueberschüsse weg.

Pathologie des Vorderarmskeletts und seiner Function.

Die Pathologie der Bewegungen im Vorderarmskelett, wie uns dieselbe nach schlecht geheilten Vorderarmfrakturen entgegnetreten kann, soll in folgendem Erläuterung finden und dies an der Hand des pathol. anatomischen Befundes.

Neben 16 eigenen Beobachtungen haben wir es unternommen einschlägige casuistische Mitteilungen aus der Litteratur zu sammeln, doch ist die Auslese gering geworden. So häufig difform geheilte Vorderarmbrüche auch vorkommen mögen, so selten finden wir dieselben in der Litteratur beschrieben. Das liegt daran, dass functionelle Defecte der Rotationsbewegungen, sofern dieselben nicht sehr hochgradig sind, den Patienten nicht sonderlich incommodiren. Das Schultergelenk kann in oben geschilderter Weise geringe Fehler compensiren, und mit der geringen „Steifigkeit“ im Vorderarme findet der Patient sich ab — ja man entdeckt ein Drehungshindernis, wie es uns einige mal gegangen ist, oft rein zufällig. — Wo aber Heilungen mit Beeinträchtigung der Function beschrieben sind, da fehlen in einem nicht geringen Teil der Fälle die näheren Details resp. der Versuch einer näheren Erklärung des functionellen Resultates durch den anatomischen Befund. Die Krankengeschichte schliesst meist mit der Feststellung einer erfolgten Consolidation des Bruches. Defecte in den Rotationsbewegungen werden als „Steifigkeit“, „herabgesetzte Gebrauchsfähigkeit“ erwähnt.

Neben den detaillirten casuistischen Mitteilungen von Malgaigne, sind es vor allem Benno Schmidt und Richard v. Volkmann, welche sich nicht mehr mit der einseitigen Art der Beschreibung begnügen und nach anatomischer und functioneller Seite hin vollkommene Status geben, indem sie zugleich zwei neue Prinzipien von Drehungshindernissen an's Tageslicht fördern. Weitere sachgemässe Beschreibungen verdanken wir Flesch, v. Lesser und Lauenstein. Letzterer hat zuerst das Röntgen'sche Photographieverfahren zur Diagnose des Sitzes eines Drehungshindernisses herbeigezogen¹⁾ und damit einen Weg betreten, auf welchem vieles zur Aufhellung der noch dunklen Verhältnisse mancher Rotationshindernisse zu erwarten steht. Das Gros der casuistischen Mitteilungen leidet an den oben erwähnten Mängeln und erreicht deshalb die Menge der einigermaßen verwendbaren Fälle die geringe Zahl von 66, welcher wir also 16 Beobachtungen zur Seite stellen können.

Genauere Angaben über den Prozentsatz der schlecht geheilten Vorderarmbrüche fehlen. Gurlt (S. 739) fand unter 149 Fällen von Frakturen, die durch difforme Consolidation Funktionsstörungen veranlassten, nur 7, die den Vorderarm betrafen.

Sind nach Consolidation eines Vorderarmbruches resp. eines einzelnen Vorderarmknochens die normalen Skelettverhältnisse gestört, so kann sich dieses in einer Funktionsstörung äussern, speciell eine Rotationsbehinderung ein Drehungshindernis hervorrufen. Wir sehen von einer eventuellen Mitbeteiligung der epiphysären Enden der Vorderarmknochen an Gelenkfrakturen des Ellenbogen- und Handgelenkes ab und wollen die Rotationsstörungen nur soweit berücksichtigen, als sich dieselben auf ausschliessliche Veränderungen am Vorderarmskelett zurückführen lassen. Die

1) Vereinsbeilage Nr. 14 der Deutschen Med. Wochenschrift 1896. S. 96.

Grenzen dieser Störungen lassen sich natürlich verschieden weit ziehen. Sie schwanken zwischen der absoluten Unmöglichkeit einer Rotationsbewegung und leichteren nur wenige Grade messenden, die Benutzung des Vorderarmes kaum merklich beeinflussenden Behinderungen. Was die Nomenklatur betrifft, so muss in Hinblick auf die anatomische Ursache das einzelne Hindernis nach der zunächst ausfallenden oder behinderten Bewegung benannt werden. Wenn z. B. in einem Falle von Rotationshindernis von einem Supinationshindernis gesprochen wird, so ist, da sich die Hand in einem solchen Falle in dauernder Pronationsstellung befinden muss, auch der Verlust der complementären Bewegung, der Pronation, zu verzeichnen. Das Gleiche gilt für den entgegengesetzten Fall. In einem Falle von Beschränkung der supinatorischen Excursion wäre in gleicher Weise ein secundärer Defect an Pronation nachzuweisen. Zur Charakterisirung der Funktionsstörung käme man also mit den Bezeichnungen „Drehungsbeschränkung“, „Drehungsunmöglichkeit“ aus, der anatomische Befund verlangt aber eine genaue Scheidung zwischen primärem und secundärem Hindernis. Wir werden von der jeweiligen Zwangsstellung des Vorderarmes aus auf Grund der zunächst fortfallenden Bewegung zu unterscheiden haben:

Aufhebung oder Beschränkung der Supinations- und Pronationsbewegung.

Aufhebung oder Beschränkung der Supinationsbewegung.

Aufhebung oder Beschränkung der Pronationsbewegung.

Für leichtere Grade von Rotationsdefecten tritt, wie schon oben erwähnt, das Schultergelenk vicarierend ein.

Gehen wir nun zu den Momenten über, welche Rotationsbehinderung hervorrufen können, so sind in erster Reihe mit Gurlt (S. 736) die Knochen selber dafür verantwortlich zu machen, indem nach geschehener Consolidation einer Fraktur das Vorderarmskelett eine Form annimmt,

die seinem mechanischen Zwecke nicht mehr entsprechen kann. Nennen wir diese Form die „osteogenen Hindernisse“, so können derselben eine Gruppe Hindernisse entgegengesetzt werden, welche von Veränderungen an Weichteilen des Vorderarmes entstehen.

Kommen wir zu den osteogenen Drehungshindernissen, so lassen sich deren folgende Unterabteilungen unterscheiden:

Zum Drehungshindernis kann eine consolidirte und eine nicht consolidirte Vorderarmfraktur werden. Wir werden deshalb die Pseudarthrose am Vorderarm von der consolidirten Fractur als Gruppe zu trennen haben. Bei der consolidirten Fractur werden ferner alle pathologischen Erscheinungen, welche die Consolidation unter Umständen begleiten zu Vertretern verschiedener Formen von Drehungshindernissen, sei es einzeln oder in combinirter Form. Die Gruppe der Weichteilveränderungen nach Frakturen als Drehungshindernis hat allerdings Existenzberechtigung, doch tritt dieselbe sehr hinter der vorigen zurück — entzieht sich doch z. B. das lig. interosseum zu sehr unserer directen Controlle.

Geben wir nunmehr das Schema unserer Auffassung. Wir unterscheiden:

- I. Knochenveränderungen (osteogene) als Drehungshindernis.
- II. Weichteilveränderungen als Drehungshindernis.

Osteogene Hindernisse können auftreten:

- A. am consolidirten
- B. am nicht consolidirten Vorderarmskelett.

Am consolidirten Vorderarmskelett wird zum Drehungshindernis:

a) hypertrophischer Callus

1) Knöcherne Verwachsung zwischen Radius und Ulna in Folge von:

- Knochenbrücken
- articulärer Synostose
- lateraler Synostose der Diaphysen

- 2) Seitliche Gelenkbildung (laterale Pseudarthrose).
- 3) Seitliche Knochenzapfen, Callusmassen.
Uebergangsformen zur nächsten Gruppe.
- b) voluminöser Callus mit Dislocation der Bruchstücke.
- c) Dislocation der Bruchstücke:
 - 1) exogener Natur:
 - regellose Dislocation
 - Volkmann'sches Hindernis
 - 2) endogener Natur:
 - Benno Schmidt'sches Prinzip
 - Seine Umkehrung

Die Weichteilveränderungen sind nur soweit zu berücksichtigen, als sie betreffen:

den ligamentären Apparat
die Muskulatur.

I. Osteogene Drehungshindernisse.

A. Am consolidirten Skelett.

a. Hypertrophischer Callus.

1. Knöcherne Verwachsung zwischen Radius und Ulna.

(Knochenbrücken, articuläre Synostose, laterale Synostose der Diaphysen).

Folgende drei Typen sind hier auseinanderzuhalten:

der neugebildete Callus zieht sich als Querleiste d. h. als zusammenhängende Platte oder Spange von einer Diaphyse zur andern hinüber und verbindet dieselben unbeweglich miteinander. Für diese Form der knöchernen Verwachsung ist der Name „Brückencallus“ zu reserviren.

Die oberen und unteren Gelenkenden des Radius und der Ulna verwachsen miteinander und es tritt eine Ankylosirung der betreffenden Gelenke ein — „articuläre Synostose“.

Die Bruchstücke der einen Diaphyse legen sich an die des gebrochenen oder heilen Parallelknochens an und verwachsen mit demselben direct, wenigstens ohne nennenswerte seitliche Knochenwucherung, infolge dessen also in der Höhe des Bruches von einem Zwischenknochenraum nicht mehr die Rede sein kann — „laterale Synostose“.

Das verbindende, regelmässige dieser Gruppe ist also die Einbeziehung der starren Parallelknochen in starres, nicht gegliedertes Material, das wechselnde, Ort und Umfang der Callusproduction.

Der „Brückencallus“, nach der obigen Definition Callus der Diaphyse, kommt, wie wir aus der Casuistik schliessen dürfen, am häufigsten infolge Bruches beider Vorderarmknochen, seltener nach alleinigem Radiusbruch vor. Einen Fall von isolirtem Ulnabruch nachfolgendem Brückencallus haben wir nicht gefunden. Unter Voraussetzung eines Doppelbruches entwickelte sich der Brückencallus mit Vorliebe im unteren Drittel des Vorderarmes, wobei eine Strecke Zwischenknochenraumes, zum Handgelenk hin gerechnet, übrig blieb. Dies ist das Gewöhnlichere. Oder aber die Neubildung ging bis an die Gelenkkapsel heran und griff sogar in dieselbe hinein, so dass sie den Zwischenknochenraum ganz erfüllte; im übrigen scheint eine Verschiebung der Bruchstücke gegen die Richtung des Zwischenknochenraumes nicht vorhanden gewesen zu sein. Als einschlägige Beobachtungen wären zu erwähnen.

Fall 1. 2. Zwei von **Cloquet** beschriebene Fälle ¹⁾, die uns leider nicht zugänglich gewesen sind. Bei denselben handelte es sich um eine Knochenbrückenankylose zwischen Radius und Ulna. Eine Dislocation nach dem Zwischenknochenraum war nicht vorhanden und zeigte derselbe in beiden Fällen die normale Breite an der betreffenden Stelle.

Fall 3. **Bruus** (Fig. 118, S. 223 u. Fig. 196, S. 503) „geheilte Bruch beider Vorderarmknochen im unteren Drittel mit Verschmelzung derselben durch eine voluminöse Callusbrücke (Fig. 7 u. 8).

Peripherwärts von der Callusbrücke ist die Richtung des Zwischenknochenraumes erhalten. Der ganze periphere Bruchteil des Vorderarmskelettes hat eine in frontaler Ebene gelegene winklige Abknickung gegen den centralen Bruchteil erlitten, die Spitze des Winkels ist radialwärts gerichtet. Trotzdem ist der Parallelismus der einzelnen Fragmente und ebenso die Breite des Zwischenknochenraumes nicht wesentlich beeinträchtigt.

Fall 4. **Chassaignac**, (S. 23). *Ji s'agit d'une fracture ancienne du radius et du cubitus au niveau du quart inférieur de l'avant-bras. On voit, que le cal constitue une traverse osseuse fort épaisse, qui soude les deux os de manière à rendre impossible tout mouvement de l'un sur l'autre. Il y avait donc par ce seul fait, perte complète et irrémédiable des mouvements de pronation et de supination. Du reste, quoique réunis entre eux, ces deux os n'étant soudés qu'à distance, l'avant-bras avait conservé sa forme aplatie. Toutefois le fragment inférieur du cubitus formait une saillie facile à sentir sous la peau. Au niveau, du siège de la fracture, plusieurs des muscles de l'avant-bras et notamment les ex-*

1) v. **Volkman**, S. 62.

tenseurs, sont interrompus dans leur continuité et se confondent avec le cal, à ce point, que la portion des muscles située audessus de la fracture, n'a plus aucune liaison avec leur portion inférieure, qui prend insertion sur le cal lui-même.

An diese Beschreibung schliesst sich ein genauer Status des Muskelbefundes, aus welchem hervorzuheben ist, dass der pronator quadratus in zwei atrophische Portionen geteilt ist, von denen die eine unterhalb, die andere oberhalb der Callusbrücke zu liegen kommt.

. altérations fonctionelles: perte de tout mouvement de pronation et de supination etc. etc.

Chassaignac giebt also einen tadellosen Fall von Brückencallus wieder.

Fall 5. **Francke**, (S. 176). Fraktur beider Vorderarmknochen des linken Vorderarmes 3 Zoll über dem Handgelenk nach 22 Wochen die Bruchstellen consolidirt, mit unförmlichem Callus umgeben. Pronation und Supination der Hand unmöglich. Der linke Vorderarm ist kürzer, als auf der rechten Seite.

Fall 6. **Callender**, (S. 294). In St. Georges Hosp. museum Series 1.92. In this specimen the ends of the bones have been greatly crushed from the wrist upwards and the union of ulna to the radius is complete for about two inches above the joint.

Dieser Fall stellt eine Combination von Brückencallus und articulärer Synostose dar.

Fall 7. **Callender**, (College of Surgeons, 467): Radius and ulna united to one another after fracture two and a half inches from the carpus.

Eine Knochenbrücke nach Bruch beider Vorderarmknochen im oberen Drittel hat nur

Fall 8. **Mönig** beschrieben. Der Bruch sitzt im oberen Drittel, der Brückencallus, der Abbildung nach zu urteilen recht massig, zieht von der tuberositas radii schräg nach unten zur gleichsinnig gebrochenen Ulna hinüber, füllt somit die engste Stelle des Zwischenknochenraumes aus. Zwischen tuberositas radii und capitulum besteht noch eine Zwischenknochenlücke. Die tuberositas radii ist offenbar zum Teil in die Bildung der Brücke aufgegangen (Fig. 9).

Ein charakteristisches Beispiel einer Knochenbrücke nach Doppelbruch im mittleren Drittel zeigt folgendes der Sammlung der hiesigen chirurgischen Universitätsklinik entstammende Präparat (Fig. 10, 11).

Fall 9. Die Fragmente der Ulna sind winklig so consolidirt, dass der Scheitel des Winkels radial- und ein wenig dorsalwärts sieht. Ein Gleiches ist auch am Radius der Fall gewesen, was sich aus der Stellung des oberen Fragments, welches dem ulnaren nahezu parallel steht, er-

sehen lässt, und wofür auch Einzelheiten an der Stelle sprechen, wo das untere Bruchstück abgebrochen ist (fehlt!). Das obere Radiusfragment hat eine leicht pronirte, volardectirte Stellung eingenommen. Beide Knochen sind durch eine 2,5 cm lange, 3 cm breite und 3,5 cm tiefe knorrigte Callusmasse miteinander verbunden, die an der Ulna in einen starren Calluswulst übergeht, welcher sich um die consolidirten Bruchenden abgelagert hat. Das untere Ulnafragment ist ziemlich stark nach dem Zwischenknochenraum hin dislocirt. letzterer ist aber nicht bedeutend verengt gewesen, da das entsprechende Radiusfragment, ebenso wie das obere Radiusfragment radialwärts ausgewichen sind. Die Ausdehnung des zwischen den Knochen liegenden Callus rechtfertigt vollkommen die Bezeichnung eines Brückencallus.

Fall 10. **Heymann** erwähnt einen Fall, bei dem eine Fraktur des Vorderarmes in der Mitte 7 Monate später constatirt wurde:

Die Knochen mit geringer Krümmung volarwärts geheilt. Pro- und Supination gehindert; ca. 1½ Jahre später:

Ulna zeigt stumpfen Winkel, dessen Spitze nach aussen und leicht nach oben gerichtet ist. Radius zeigt an der Bruchstelle leichte Convexität nach aussen. Beide Vorderarmknochen durch Callus verwachsen, so dass eine Achsendrehung gegeneinander zur Unmöglichkeit geworden ist.

Eine knöcherne Brücke zwischen Radius und Ulna nach Bruch nur eines Vorderarmknochens haben wir nur dreimal beschrieben gefunden.

Fall 11. **v. Lesser** beobachtete in Anschluss an eine complicirte Knochenverletzung des Vorderarmes direct über dem Handgelenk folgendes Resultat:

Der ganze linke Arm des Patienten erschien atrophisch, die Muskulatur schlaff, geschwunden, die Hand weik sich anföhlend durch cyanotische locale Stasen von marmorirtem Aussehen. Die Flexion im Handgelenk in volarem und dorsalem Sinne activ schwach, passiv in halber Grösse wie normal ausführbar, ebenso ulnare und radiale Abduction der Hand. Supination absolut fehlend, die Vorderarmknochen in fast voller Pronation zu einander, starr und unbeweglich festgestellt, selbst bei grösserer Kraftanstrengung bei Rotationsversuchen Auf der Volarseite der carpalen Epiphyse des Radius die von der oben erwähnten Wunde herrührende unregelmässige Narbe nicht in der Tiefe verlötet. Die carpale Radiusepiphyse stark und unregelmässig aufgetrieben, besonders gegen die Volarseite hin und hier bei Druck auf die Narbe empfindlich. Die untere Ulnaepiphyse am ulnaren Handgelenksrande stärker prominirend und auf Druck empfindlich.

Der operative Befund ergab: central vom Radio-ulnargelenk vorläuft eine fast quergelagerte Knochenbrücke zur Radiusepiphyse.

Fall 12. **Callender** (St Thomas Museum A. 75).

Radius broken and united to the ulna two and a half inches from the wrist.

Fall 13. **Dupuytren**. (S. 211).

. Fracture de l'extrémité inférieure du radius immédiatement au-dessus de l'articulation radio-carpienne; après quarante jours: la

partie inférieure de l'avant-bras était gonflée difforme et tout à fait cylindroïde; les mouvements de pronation et de supination étaient impossibles.

Es hat also auch die Radiusfractur allein die ungegliederte Verbindung sogar an dem relativ breiten unteren Abschnitt des Zwischenknochenraumes (nach unsern Messungen 0,2—1,7 cm.) wenigstens einmal herzustellen vermocht, wengleich der Fall Dupuytren nach der Richtung einer complicirenden articulären Synostose verdächtig erscheint.

Von der Ulna ist casuistisch nichts Aehnliches bekannt. Wir wissen nur, dass ihr Bruch in der Nähe des Handgelenks articuläre Synostose des carpalen Radio-ulnargelenks im Gefolge haben kann, welche Verhältnisse der folgende von Lauenstein beobachtete Fall illustriert.

Fall 14. 11 Monate nach Bruch des rechten Vorderarmes nahe dem Handgelenk hatte der Patient noch keine Gebrauchsfähigkeit wieder erlangt: Derselbe zeigte sich bei genauerer Untersuchung im ganzen etwas atrophisch, doch ohne ausgesprochene Lähmungserscheinungen von Seiten eines einzelnen Nerven und stand, während Beugung und Streckung Ab- und Adduction im Handgelenk im Ganzen ungestört ausgeführt werden konnte, fast vollkommen unbeweglich in Supinationsstellung. Es war nur bei genauer Betrachtung eine minimale active Beweglichkeit — im Sinne der Rotation des Vorderarmes wahrzunehmen und auch passiv liess sich dieselbe in keiner Weise steigern. Von irgend einer ausgesprochenen Difformität der carpalen Enden der Vorderarmknochen war keine Rede. Der Radius hatte seine ganz normale Form, doch bestand an der Beugeseite der Ulna dicht oberhalb des processus styloideus eine geringe Verdickung, während die Streckseite des epiphysären Ulnaendes eher etwas abgeflacht schien. Es war kein Zweifel, dass es sich hier um eine Ankylose des peripheren Radio-ulnargelenks handelte infolge der vor 11 Monaten erlittenen Verletzung — wahrscheinlich einer Fraktur der Ulna

Die zur Behebung des Hindernisses ausgeführte Operation ergab:

Das entfernte Ulnastück (epiphysäres Ende) hatte Fingergliedlänge und zeigte am Epiphysenteil namentlich auf der Beugeseite und nach dem Radius zu einige Verdickungen.

In der Beschreibung fehlt allerdings die Angabe von einer Verschmelzung beider Gelenkteile, dass aber eine solche thatsächlich vorhanden gewesen ist, dafür sprechen die weiteren Ausführungen Lauensteins, in denen er auf Grund dieses Falles empfiehlt: „bei Rotationsbehinderung des Vorderarmes infolge von Verlötung zwischen den peri-

pheren Enden von Radius und Ulna das epiphysäre Stück der letzteren zu reseciren. Im übrigen ist die Geschichte der articulären Synostosen in den verschiedenen Gelenken der Vorderarmknochen viel complicirter. Kann am carpalen Radio-ulnargelenk schon der alleinige Bruch der Ulna sie bedingen, so ist die Möglichkeit ihres Entstehens um so wahrscheinlicher bei den so häufigen Gelenkbrüchen, Zertrümmerungsbrüchen des unteren Radiusendes, bei welchen letzteres in eine Anzahl von Fragmenten gespalten wird. Nach Bardenheuer ziehen solche Zertrümmerungen, wie selbstverständlich Difformität auch Ankylose nach sich; Hamilton (S. 281) sagt, es sei ihm das ein Vorkommnis gewesen, welches er in ähnlicher Art unter 98 Fällen nur 26 mal vermisst habe, wobei wir hervorheben möchten, dass wir hier in der Klinik bei einer jährlich grossen Zahl von Colles'schen Frakturen Ankylose fast stets vermissen.

Am oberen Radio-ulnargelenk sind in gleicher Richtung die Frakturen des Radiuskopfes und des proc. coronoides heranzuziehen. Aehnlicher Weise die Ellenbogengelenkfrakturen, doch ist hier das Bild durch die Mitbeteiligung des proc. condyloideus humeri complicirt. So fand Bruns (S. 357) in:

Fall 15. Einem Falle von Fractur des Radiusköpfchens das Radiusfragment mit der anstossenden Kante des proc. coronoides ulnae vereinigt.

Die laterale Synostose der Diaphyse setzt die Abweichung eines oder mehrerer Bruchfragmente nach dem Zwischenknochenraum bis zu dem Grade voraus, dass der gebrochene oder ungebrochene Parallelknochen von den Fragmenten seines Partners berührt wird, worauf dann die Vereinigung der Fragmente entweder unter Vermittelung eines geringen Callus oder durch directe Verschmelzung miteinander erfolgen kann. Nach Bruns (S. 229) können die zusammengehörigen Bruchenden des einen Knochens zuweilen miteinander

vorwachsen, während die anderen, jedes für sich mit dem Parallelknochen sich vereinigen.

Fall 16. **Gurtt**, S. 323, Fig. 146 (Senckenberg'sches Museum zu Frankfurt a. M.) „Geheilte Fraktur beider Vorderarmknochen; an der etwas oberhalb der Mitte gelegenen Bruchstelle findet sich eine stark winkelige Biegung beider Knochen, welche daselbst durch Callus miteinander verbunden sind. (Fig. 12).

Der Abbildung nach zu urteilen, bestand an den ulnaren Fragmenten eine Uebereinanderschichtung der Fragmente, welche letztere bedeutend verdickt waren. Der verbindende Callus tritt an Masse sehr zurück.

Fall 17. **Callender** und später **Bryant**, S. 940, Fig. 426. Museum des Guy Hosp. Präp. 1119^m beschreiben ein und dasselbe Präparat. Callender S. 293 schreibt:

In the museum of Guy's Hosp. is a fracture of a radius and ulna just above the wrist. The radius has united well, but the end of the shaft of the ulna has become incorporated with it, so that both bones appear equally connected with the articulating extremity below. The lower end of the ulna is almost detached being united only by a slender portion of bone to the shaft. The styloid process curves round and forms an articular surface with the outer side of the cuneiform bone.

Bryant giebt die entsprechende Abbildung (Fig. 13), aus welcher ersichtlich ist, dass das centrale Bruchstück der Ulna nach dem Zwischenknochenraum abgewichen ist, sich an das periphere Radiusfragment angelegt hat, welche letzteres in frontaler Ebene ulnarwärts dislocirt ist. Die gleiche Bewegung hat das periphere Ulnafragment mitgemacht.

Henle beschreibt einen Fall, bei welchem die schlechte Stellung der Fragmente, speciell auch das Vorhandensein eines Radius und Ulna verbindenden Callus die Vornahme einer Osteotomie erforderte:

Fall 18. Fractur des rechten Vorderarmes. . . die rechte Hand ein wenig radialwärts und hochgradig volar flectirt. Bei gestreckten Fingern beträgt letztere Flexion etwa 90°, bei Biegung der Finger gelingt Streckung im Handgelenk Bei stark gebeugtem Handgelenk ist die Bewegung der Finger vollkommen frei, bei stark flectirten Fingern, die des Handgelenkes bis auf die Dorsalflexion, die etwas beschränkt ist. Pronation und Supination sind bei einer Fixation in etwa Mittelstellung vollkommen aufgehoben. Die grobe Kraft der Bewegungen erscheint rechts kaum geringer als links. . . Der Umfang des ganzen Armes ist rechts um 1 cm geringer als links. Nur etwas oberhalb des

Handgelenkes beträgt der Umfang rechts 1 cm mehr als links. Die Knochen des Vorderarmes convergiren gegen die Hand zu abnorm bis zu einem $2\frac{1}{2}$ Querfinger oberhalb des Handgelenkes gelegenen Punkt. Es zeigen dort beide Knochen eine gegen die *vola convexa* Abknickung und ausserdem divergiren sie von hier aus zu den in normalem Abstand von einander befindlichen Proc. styloidei. An der Stelle der Knickung sind die Knochen verdickt; es erscheint hier der Zwischenknochenraum zwischen denselben vollkommen aufgehoben.

Als weitere nicht rubricirbare Fälle seien noch die folgenden Fälle angeführt:

Fall 19. **Callender**, (Guy's Hosp. Mus. 1119). Ulna fractured and united, also united to the radius.

Ob es sich hier um eine laterale Synostose gehandelt haben mag steht dahin.

Fall 20. **Weber**, (S. 113). Einmal wurde bei einer alten Fraktur des Vorderarmes Verwachsung beider Knochen an der Bruststelle mit Aufhebung der Pronation und Supination gesehen.

Diese erste Gruppe der Drehungshindernisse betrachten die Autoren als im Allgemeinen seltene Vorkommnisse, so v. Bardeleben (S. 429), Roser (S. 682), v. Volkmann schliesst sich ihnen bis zu einem gewissen Grade an: sie kämen zwar vor, doch seien laterale Synostosen zwischen Radius und Ulna, selbst nach den schwersten complicirten Frakturen z. B. Schussverletzungen des Vorderarmes, äusserste Seltenheiten. Aehnlicher Ansicht ist König (S. 262).

Berücksichtigt man das in der Einleitung Gesagte, dass eine systematische Untersuchung allen Drehungshindernissen bisher nicht zu Theil geworden ist, so wird man dieser Ansicht nicht beistimmen können, auch für den Fall nicht, dass wir die Frequenz der seitlichen Verschmelzung durch Hinzuziehung der articulären Synostosen zu steigern versuchen (letztere betragen übrigens nur wenige Fälle). Da uns bisher keine zusammenfassende Monographie über Drehungshindernisse am Vorderarm bekannt geworden ist, so dürften diese Annahmen nicht zurecht bestehen, zumal in unserer Zusammenstellung von 82 Paradigmen von Drehungshindernissen, die seitliche knöcherne Verschmelzung in 20 Fällen, also in fast einem Viertel der Gesamtzahl zu verzeichnen ist.

Aus der Höhendifferenz und der mit ihr zusammenfallenden jeweiligen Entfernung und grösseren Massenhaftigkeit der Fragmente scheint uns das Motiv für die übermässige Neubildung im Falle des Brückencallus und andererseits für die Synostose wenigstens in etwas zu folgen. Denkt man sich die Reaktion seitens der gebrochenen Partie auf die ihr etwa durch Bewegungen zukommenden Reize in der ganzen Höhe der Vorderarmknochen gleich stark, so ist klar, dass zwar der Ausschlag nach der Richtung der Callusbildung überall gleich stark sein wird, dass aber dieselbe neugebildete Knochenmasse an der Stelle der grössten Breite des spatium interosseum nicht in demselben Maasse eine Verlötung resp. eine Ueberbrückung der Nachbar-knochen bewerkstelligen kann, als wenn der Callus gegen das obere und untere Ende des Vorderarmskelettes hin gelegen ist oder gar zwischen den Gelenkenden der Radio-ulnargelenke entsteht.

2. Seitliche Gelenkbildung (laterale Psendarthrose); 3. Seitliche Knochenzapfen, Callusmassen, Uebergangsformen zur nächsten Gruppe.

War für die vorige Gruppe eine ungegliederte knöcherne Verbindung beider Parallelknochen charakteristisch, so beschäftigt uns nunmehr derjenige Fall, dass bei der gleichen Tendenz zu Callushyperproduction, sei es nun an dem einen oder an beiden Knochen, eine Verschmelzung nicht zu Stande kommt. Der Prozess bleibt auf einer früheren Stufe stehen, indem sich die Knochenzapfen entweder bis zur vollkommenen Berührung entgegenwachsen, oder aber in ihrem Wachstum noch weiter zurückbleiben und sich nur bei gewissen Verstellungen der Vorderarmknochen zu einander berühren.

Sind zwei Knochenzapfen einander bis zur Berührung entgegengewachsen, so adaptiren sie sich gegenseitig nach

Art der Nearthrosenbildung, indem die Knochenzapfen die Gelenkenden bilden und kapselartig angeordnete, wohl dem lig. interosseum entstammende Bindegewebsfasern das Bild eines seitlichen im Zwischenknochenraum gelegenen Gelenkes — einer sog. lateralen Pseudarthrose vervollständigen helfen. Flesch (S. 487) spricht in seinem Falle sogar von einem Knorpelüberzug an einem der Gelenkenden. Das physiologische Bild eines Gelenkes wird vervollständigt durch die hin und wieder gegebene Möglichkeit von Bewegungen im neugebildeten Gelenk. In seinem Bau und seinen mechanischen Verhältnissen entspricht dasselbe entweder dem oberen oder dem unteren Radio-ulnargelenk. Nach Flesch soll zwar in allen Fällen einer seitlichen Gelenkverbindung zwischen Radius und Ulna, der Radius die Pfanne des Gelenkes tragen, da sein unterer Abschnitt einen Bogen um eine hier durch die Ulna zu legenden Axe beschreibt und die entstehende Gelenkfläche mithin einen Abschnitt dieses Bogens darstellen müsse. Unter „unterem Abschnitt“ versteht Flesch den bis an die tuberositas radii gerechneten Teil, oberhalb derselben käme eine seitliche Gelenkbildung wohl nie vor, auch seien die mechanischen Verhältnisse hier ganz anderer Natur. Die concave Gelenkfläche, welche die Exostose am Radius trägt, repräsentirt nach Flesch gewissermassen eine Verlängerung des sinus lunatus radii:

Dieser Ansicht steht folgender von Callender beobachtete Fall gegenüber:

Museum of King's College: both bones of the forearm having been broken were united by a quantity of new bone thrown out from either seat of fracture, projected into the interosseous space. A smooth concave surface formed on the side of the ulna, to which a convexity on the bone springing from the radius adapted itself, so that rotation could be carried on perfectly the radius moving upon the ulna with an additional articular facet.

Hier trug also der ulnare Callus die concave Gelenkfläche als Analogon der cavitas lunata minor, Verhältnisse, welche an das obere Radio-ulnargelenk erinnern. Leider vermischen wir in der Beschreibung eine Angabe über den

Sitz des seitlichen Gelenkes. Dieser Fall stützt ebenfalls die früher gemachte Angabe, dass eine laterale Pseudarthrose nicht notwendig zum Drehungshindernis zu werden braucht: „rotation could be carried on perfectly“. In den Fällen, in welchen die Rotationsbewegungen behindert resp. verloren gegangen sind, tragen, wie schon Fleisch für seinen Fall hervorgehoben hat, Callusmassen, welche die neugebildeten Gelenkenden begrenzen, die Schuld. In seinem Falle waren es die convexe Gelenkfläche begrenzende, vorspringende Knochenränder.

Wie bei der seitlichen knöchernen Verschmelzung, so bedarf es auch für das Zustandekommen einer seitlichen Nearthrose durchaus nicht eines Bruches beider Vorderarmknochen — Callushypertrophie um die consolidirten Bruchenden herum und eine vielleicht durch den Reiz der temporär dislocirten Bruchenden bewirkte periostale Knochenneubildung am Parallelknochen summiren sich zur Nearthrose.

Wir fanden dieselbe, durch Doppelbruch bedingt, 3 mal beschrieben

Fall 21. **Callender.** radius and ulna broken near the upper ends both firmly united by a large quantity of new bone formed around the seats of the union. The surface of the new bone on the radius and of that of the ulna meeting in the interosseous space were roughly adapted to each other but did not coalesce. All rotation was however prevented. (St. Bartholom. Museum c. 29).

Fall 22. **Gurtt.** (S. 325, Fig. 150) Anat. Mus. zu Breslau Nr. 1127. beschreibt ein Präparat von seitlicher Gelenkbildung:

Geheilte Fraktur beider Knochen des Vorderarmes oberhalb der Mitte, mit beträchtlicher Biegung an der Bruchstelle, knotiger Callusbildung, besonders stark an der Ulna; zwischen dem Callus der beiden Bruchstellen befindet sich ein falsches Gelenk, welches jedoch Pro- und Supination nicht gestattet. (Fig. 14 Dorsalansicht.)

Einen weiteren Fall beschreibt Helferich (Taf. 38, Fig. 3). Wir vermischen aber bei demselben Genaueres über die Funktionen des betr. Vorderarmes.

Fall 23 Die beiden Knochen sind an der Bruchstelle miteinander verbunden, glücklicherweise nicht durch Knochenmasse, sondern in der Form einer Nearthrose. Von jedem Knochen geht ein zapfenförmiger Vorsprung aus, der an seiner Spitze eine Art Gelenkfläche trägt, welche mit derjenigen des anderen Knochens articulirt (Fig. 15).

Der Abbildung nach trägt der radiale Zapfen die concave Gelenkfläche, der Sitz des neugebildeten Gelenkes befindet sich im mittleren Drittel des Vorderarmskelettes, unterhalb der Insertion des m. pronator teres (Pronationsbeschränkung.) Seitliche Gelenkbildung nach isolirtem Bruch der Ulna beobachtete Fleisch (S. 485).

Fall 24. Bei der Präparation hatte sich ergeben, dass die beiden Knochen des Vorderarmes durch eine Verbindungsbrücke am oberen Ende des pronator quadratus fast unbeweglich vereinigt waren. Nach Wegnahme aller Muskeln zeigte sich dann, dass jene Verbindungsbrücke ... und zwar näher der Ulna — eine kleine Beweglichkeit besass, indem sie aus 2 Abschnitten, einem kleineren platteren Höcker der Ulna, einem stärker vorspringenden prismatischen Aufsatz des Radius bestand, welche durch glatte Flächen und eine kapselartige Bindegewebsmasse zu einem deutlichen Gelenk verbunden waren. An dem macerirten Knochen finden sich folgende Verhältnisse: die Ulna ist in ihrem unteren Teil namentlich auf der vorderen Fläche stark verdickt, die Verdickung beginnt am Anfang des unteren 1/4, dieses halbwegs bis zur Gelenkfläche einnehmend. Die Stellung dieses ganzen Theiles des Knochens ist eine abnorme, sofern die Ulna, statt wie sonst medialwärts convex, nach dieser Seite eine merkliche Concavität besitzt und erscheint sie leicht verdreht, indem, wenn man den Knochen mit einem gleichgelegten Exemplar vergleicht die Verbindungsfläche des capitulum mit dem unteren Radiusende (circumferentia articularis) an unserem Präparate in grösserer Ausdehnung sichtbar wird, als an jenem.

Der sinus lunatus (fossa sigmoidea minor) ist nicht einer Erhabenheit der lateralen Fläche der Ulna aufgesetzt, sondern wir sehen in der grubenartigen Vertiefung im oberen Ende der Ulna, deren oberen Teil diese Gelenkfläche einnimmt, dieselbe in ihrem hinteren unteren Teil verbreitert, nur durch die glatte Beschaffenheit ihrer überknorpelten Fläche kenntlich. Der Callus ist auf der dem Radius zugewandten Fläche am stärksten ausgeprägt. An dem unteren Teil derselben findet sich durch überhängende, unregelmässig zackige Ränder stärker hervortretend eine cylindrische Fläche von beiden Seiten her in der Richtung der Längsaxe der Ulna von vertieften Furchen begrenzt. Der Querdurchmesser dieser Fläche beträgt 12, der Abstand der vorderen und unteren Begrenzung der Furchen 22, die grösste Länge des Cylinders 14 mm, der ganze Höcker erscheint glänzender als der übrige Knochen, Knorpelüberzug existirt nicht mehr (an dem frischen Präparat schien ein Knorpelüberzug vorhanden, leider ist dies nicht mehr zu constatiren. Der Radius zeigt vollkommen normale Krümmungsverhältnisse; seine Oberfläche ist überall vollkommen glatt, mit Ausnahme eines der crista interossea ansitzenden Höckers. Letzterer besteht aus einem dreikantigen mit der Spitze des Dreiecks nach oben gekehrten prismatischen Höcker von ca. 8 mm Höhe, dessen, fast glatte, von vorn nach hinten schwach concave, medial gerichtete Oberfläche genau der convexen Erhabenheit des Callus der Ulna entspricht. An dem sonst, wie erwähnt,

normalen Radius erscheint das capitulum medial etwas abgeschragt, die Ueberknorpelung des Radius nach aussen ein wenig geschwunden, die tuberositas vielleicht etwas schwächer als normal. Bringt man beide Knochen in die den Gelenkflächen entsprechende Stellung, so erhalten wir eine leichte Pronation. Die der Convexität des Callus der Ulna entsprechende Concavität der erwähnten Exostose des Radius deckt die erste der Breite nach nicht vollkommen, ganz abgesehen von den erstere von vorn und hinten begrenzenden Knochenwülsten Es ergibt sich hieraus, dass eine einfache Fraktur der Ulna ursprünglich zu Grunde lag bei dem Bruch der Ulna wurde ein Fragment derselben gegen den Radius getrieben, bewirkte eine heftige Reizung, vielleicht durch Impression des hier schon spongiösen Knochens, wodurch eine Knochenneubildung ebenso wie nach einer Fraktur erregt wurde. Das zwischen den bis zur gegenseitigen Berührung einander entgegengewucherten Knochenmassen gebildete Gelenk, welches noch eine, wenn auch sehr geringe Pronation und Supination im Leben gestattet hat, entspricht vollkommen den mechanischen Verhältnissen der Verbindung von Radius und Ulna. Die concave Gelenkpfanne auf der Exostose des Radius ist gewissermassen eine Verlängerung des sinus lunatus des unteren Endes jenes Knochens (Fig. 16 und Fig. 17 Radius).

Welche Momente für die Anpassung der Nearthrose an das obere oder das untere Radioulnargelenk massgebend sind — darüber dürfen vorderhand nur Vermutungen ausgesprochen werden. Dass beide Eventualitäten vorkommen, dass beweisen die von uns angeführten Fälle. Wir wissen ferner, dass bei Sitz der Nearthrose im unteren Drittel — Anpassung an das untere Radio-ulnargelenk stattfand. In welcher Höhe das Analogon des oberen Radio-ulnargelenks sass — darüber giebt uns der betreffende Status keine Aufklärung. Etwas Klarheit lässt sich in die Frage durch Herbeiziehung des Fick'schen Gesetzes von der Gelenkbildung bringen, welches den Zusammenhang zwischen Gelenkkopf und Muskelansatz betont.

Erinnern wir uns an die anatomischen Details des m. pronator quadratus, so haben namentlich Hyrtl und nachher Lecomte betont, dass derselbe am Radius entspringt und an der Ulna sich inserirt. Wir erinnern uns auch der Lecomte'schen Ansicht, dass dieser Muskel die Ulna im Sinne der Supination zu rotiren hat und sehen, wie entsprechend seinem Ansatz die dreikantige Form des Ulnaschaftes in die cylindrische übergeht, um im maassgebenden

Gelenk, dem unteren Radio-ulnargelenk, als Gelenkkopf zu enden. Ein ähnliches Verhältnis zwischen Muskelansatz des supinator brevis und dem entspr. Knochenteil finden wir am oberen Radiusende, auch hier beginnt die rundliche Form allmählich mit dem Ansatz des m. supinator brevis und schliesst als capitulum radii ab. Diese Erscheinungen veranlassen uns die Vermutung auszusprechen, dass laterale Nearthrosen im oberen und unteren Drittel des Vorderarmskelettes den Bau des entspr. Radio-ulnargelenkes wiederholen. Die Grenze würden wir für beide Formen am pronator teres setzen.

Eine abweichende Form von seitlicher Nearthrosenbildung zeigt folgender von Bruns (S. 230, Fig. 121) beschriebener Fall.

Fall 25. Geheilte Bruch beider Vorderarmknochen mit Bildung eines falschen Gelenkes zwischen dem Callus beider Bruchstellen (Fig. 18).

Die Thätigkeit des pronator teres hat das obere Radiusfragment gegen die Ulna gezogen. An der Bruchstelle dieses Knochens, welcher fast ohne Formveränderung consolidiert zu sein scheint, ist wahrscheinlich durch den Reiz des dislocierten Radiusfragmentes ein radial- und proximalwärts gerichteter Callus entstanden, welcher den einen Gelenkteil bildet, den anderen bildet das obere Radiusfragment. Bei einer Pronationsbewegung muss sich letzteres gegen das untere Gelenkende stemmen und eine Bewegung im Sinne der Pronation unmöglich machen.

Weshalb es in den genannten Fällen nicht zur gegenseitigen Verschmelzung der Callusmassen trotz ihrer gegenseitigen Berührung gekommen ist — steht dahin. Gegen Weichteilinterposition spricht die unmittelbare gegenseitige Berührung; gegen die Annahme, dass etwa frühzeitig vorgenommene Rotationsbewegungen am Vorderarm solches bewirken, der Umstand, dass wohl in den meisten Fällen (Brunns S. 230) von seitlicher Gelenkbildung Rotationsbewegungen unmöglich sind. Allerdings liessen sich, bei der minimalen Statistik, für diese Annahme die Fälle von Callender

(vollkommen erhaltene Rotation) und Fleisch (sehr geringe Rotation) mit gleicher Berechtigung in's Feld führen.

Wir gehen nunmehr zu den Fällen über, in welchen die Callusproduction nicht bis zur gegenseitigen Berührung von Callus resp. Callus und Knochen gediehen ist. Sollen in einem solchen Fall Exerescenzen, welche nach dem Zwischenknochenraum sehen die Rotationen des Vorderarmes hindernd beeinflussen, so kann das nur geschehen, wenn eine Bewegung der Vorderarmknochen vor sich geht, welche dieselben einander nähert. Wie wir in dem anatomischen Teile bereits genügend hervorgehoben haben, gehen bei den Rotationsbewegungen bedeutende Veränderungen im Vorderarmskelett, also auch in der Gestalt der Zwischenknochenräume vor sich. Recapituliren wir kurz die Resultate unserer Untersuchungen, so ergaben dieselben folgendes:

1. Wir unterscheiden in statu supinationis einen ventralen und einen dorsalen Zwischenknochenraum, welche im isthmus interosseus, der engsten Stelle zusammentreffen. Beide sind einander fast gleich. Die seitliche Begrenzung derselben ist durch die entsprechenden volaren und dorsalen Flächen der Vorderarmknochen gegeben. Das spatium interosseum ventrale hat ebenso wie das dorsale die Form eines gegen seine Enden hin spitz zulaufenden Kaltes mit abnehmender Tiefe und Breite. Der isthmus interosseus repräsentirt eine ellipsenförmige Figur, welche in der unteren Vorderarmhälfte breiter, in der oberen schmaler ist.
2. Bei der Pronation geht das spatium interosseum dorsale durch Abflachung und gegenseitige Entfernung der dorsalen Knochenflächen von einander verloren. Der isthmus wird bedeutend verengert, desgleichen auch das spatium interosseum ventrale, namentlich in seinem oberen und unteren Drittel,

letzteres ist aber nur bedingt aufzufassen, da die genannten Partien von vorne herein enger sind). Die Verengerung kommt dadurch zu Stande, dass sich die ventralen Flächen der Vorderarmknochen überkreuzen, indem sie sich einander um ein Bedeutendes nähern.

3. Bei der Supinationsbewegung stellt sich der dorsale Zwischenknochenraum wieder her, die dorsalen Knochenflächen nähern sich wieder um ein Beträchtliches.

Denken wir uns diese normalen Verhältnisse in der Weise gestört, dass auf beiden *cristae interossee* oder beiden *facies volares* starke callöse *Spiculae*, Zungen etc. Prominenzen sich finden, so zeigt uns ein Blick auf Fig. 1--6, wie bei der Pronationsbewegung der Raum für beide enger wird, und dass ein Missverhältnis zwischen ihrer Grösse und dem Rauminhalt des ventralen Zwischenknochenraumes resp. des *isthmus interosseus* in einem gewissen Moment die Pronationsbewegung hindern muss. Theoretisch lässt sich ein gleiches für die Supinationsbewegung construiren, falls die Consolidation in pronirter Stellung vor sich ging und die Callusmassen an den dorsalen Knochenflächen ihren Sitz hatten.

Ein sehr instructives Beispiel für die erstere Eventualität giebt ein der Sammlung der hiesigen Chirurgischen Universitätsklinik entstammendes Präparat (Fig. 19):

Fall 26. Es hat sich bei demselben um eine Fraktur der Ulna in deren mittlerem Drittel gehandelt, also in der Gegend, wo Zwischenknochenraum und *isthmus* die breitesten Verhältnisse zeigen. Die Ulna ist in nahezu normaler Stellung der Fragmente consolidirt, d. h. mit einer minimalen Abweichung des oberen Bruchstückes nach dem *spatium interosseum*, und an der Bruchstelle von stark knorrigem Callus umgeben, welcher in den volaren Zwischenknochenraum prominirt. Seine *Maaße* betragen: Länge = 4 cm.; Breite = $3\frac{1}{2}$ cm.; Dicke = 2,5 cm.; Am Radius findet sich etwas höher als an der Ulna hinaufreichend eine Exostose. Dieselbe nimmt hauptsächlich die *crista interossea* ein und erstreckt sich als flache wenige mm. dicke Erhabenheit auf die dorsale Radiusfläche. Sie misst an Länge 4 cm., an Breite 1,5 cm. an Dicke 6 mm. Vom proximalen Ende der Exostose entspringt entsprechend

der *crista interossea* ein ca. $2\frac{1}{2}$ cm. langer, 8 mm. breiter stalaktitenartiger Knochensporn, welcher volarwärts gerichtet ist und dessen untere Spitze ca. 6 mm. von der volaren Radiusfläche absteht und gegen den ulnaren Callus hinzielt. Bei der Ausführung einer Pronationsbewegung stemmt sich der Sporn gegen den ulnaren Callus, so dass die Pronation nur um wenige Grade möglich erscheint.

Fälle dem beschriebenen ähnlich, in denen also eine Art *Spicula* bestimmter Stellung mit oder ohne gegenüberliegendem Callus die Hemmung bewirkt, werden nur häufiger, wenn wir die *Nearthrose* hinzurechnen, bei welcher die Gelenkbildung als solche eine nur untergeordnete Rolle spielt.

Die Möglichkeit dieser Form von Drohungshindernissen ist von massgebender Seite angezweifelt worden. v. Volkmann (l. c.) spricht sich über diesen Punkt wie folgt aus:

„Ebenso selten (wie die seitliche Knochenverschmelzung) sind wohl bloß starke Calluswucherungen ohne *Synostose* im Stande, nur durch Verengerung des Zwischenknochenraums und durch ein Gegeneinanderstossen der sich drehenden Knochen die Bewegung zu hindern. Erichsen und verschiedene andere Autoren sind dieser Meinung. Indess sie übersehen, dass mechanisch ein derartiger Vorgang um dessentwillen sehr schwer verständlich wird, weil in den Fällen, wo nach Vorderarmbrüchen die betr. Bewegung ganz oder zu einem grossen Theile verloren gegangen war, der Arm so gut wie ausnahmslos stets in einer pronirten Stellung sich befand. Es handelt sich also wesentlich um *Supinationshindernisse*. Da aber bei der Ueberführung der pronirten Stellung in die supinirte das *Spatium interosseum* sich verbreitert, die aufeinanderliegenden sich kreuzenden Knochen sich von einander entfernen, so sieht man nicht ein, wie eine wenngleich starke Calluswucherung — falls nicht ganz besondere Verhältnisse Platz greifen, die sich allerdings würden construiren lassen — ein *Supinationshindernis* abgeben sollte. Viel eher könnte einmal dadurch die Pronation erschwert werden. Jedenfalls sind die in den Museen aufbewahrten Präparate deform geheilte Knochenbrüche der Annahme, dass in der Verengerung des Zwischen-

knochenraumes ein häufigeres Hindernis für die Beschränkung der Bewegungen liegen solle, durchaus nicht günstig.“

König (S. 262) schliesst sich diesen Auseinandersetzungen vollkommen an. Bardenheuer (212) lässt die Berührung verdickter Callusmassen nur selten zum Pronationshindernis werden, er giebt es aber zu, zumal Erichsen einen Fall beschrieben habe, bei welchem verdickte Callusmassen eine Verkleinerung des Zwischenknochenraumes und consequente Behinderung der Rotation des Armes herbeiführte.

Solche Argumente würden vielleicht nur unter Voraussetzung eines relativ breiten Zwischenknochenraumes gelten können.

Mit der allmählichen Verkleinerung desselben werden die Bedingungen für die Entstehung von Funktionsstörungen einfacher und es bliebe uns nur noch zu erörtern, inwieweit Callusmassen im Bereiche der Gelenkenden zu Drehungshindernissen Veranlassung geben können. Dass sie in Anbetracht der grösseren Nähe von Radius und Ulna kleinere Dimensionen haben und gleichwohl zum Hindernis werden können ist klar. In der Höhe der tuberositas radii müssen schon geringe Auflagerungen genügen, da bei der Pronation die tuberositas in allernächste Beziehung zur ventralen Fläche der Ulna in der Gegend des Ansatzes des processus coronoideus tritt. Wir hätten es hierbei mit einem reinen Pronationshinderniss zu thun, da bei der Supination die tuberositas radii volarwärts blickt. — So klar allerdings die Möglichkeit eines solchen Falles vorliegt, so ist das vorläufig nur theoretische Speculation, da einschlägige Fälle mangels anatomischer Daten noch nicht publicirt worden sind. Praktisch wichtiger, weil bereits beobachtet, sind Drehungshindernisse nach Fraktur und secundärer Verbildung des Radiusköpfchens, ebenso wie die isolirten Frakturen des processus coronoideus ulnae.

Fall 27. Vogt (S. 12, Fall 27). Fraktur des Radiusköpfchens im Längsdurchmesser, schief zusammengeheilt und mässig aufgetrieben. Extension und Flexion stark beschränkt, Pronation und Supination fast

garnicht ausführbar. Nach Entfernung des capitulum radii, alle Bewegungen frei.

Fall 28. **Wainwright**. (S. 73). The patient had fallen upon his right hand thirteen weeks after the accident the ulna ist apparently intact. The measurement between the condyles of the humerus is above half an inch more on the right side than the left. The external condyle ist ill defined. The head of the radius rotates with pronation and supination, but appears to be not in a line with the shaft of the radius but to be set on at an angle with it. The length of the two radii is the same. Flexion and extension can only be performed through an angle of 30° and pronation and supination are reduced to about a half Incision about three inches long over the posterior part of the head of the radius between the supinator longus and radial extensores The head of the radius was divided by a vertical cleft, now filled with fibrous tissue in two nearly equal halves. As the head thus enlarged by one third of its normal width, seemed quite enough to limit movement to the extent described. J determined to remove it J next attempted to flex the joint, but found that some obstacle still remained. On examination with the finger a piece of bone could be felt broken off but still adherent to the periosteum; this was removed in two pieces and proved to be the greater part of the coronoid process of the ulna. The arm could now be flexed until the hand touched the shoulder and pronation and supination were quite free The head of the radius is split by a vertical transverse fracture into an anterior and a posterior portion. The posterior part measures half an inch from before backwards and is continuous with the shaft. The anterior part $\frac{3}{8}$ inch from before backwards and is displaced downwards so the extent of about half an inch and its surface instilled forward so that it joins the neck below to which is united the bone, but its cartilaginous surface forming the anterior part of the cup is separated from the posterior by a gap of $\frac{3}{8}$ inch, which is filled with fibrous tissue. There has been a complete fracture as shown by the crepitus, which has unperfectly united in a bad position; the two portions of the coronoid are irregular in shape and show clear signs of fibrous union.

Also eine Fractur des Radiusköpfchens complicirt mit einer solchen des processus coronoideus. Das Radiusköpfchen ist beträchtlich verbreitert und auch der Kronenfortsatz ist callös verdickt.

Ein Rotationshindernis nach isolirter fractura processus coronoidei stellt der folgende Fall vor.

Fall 29. **Lotzbeck** eine wahre Fraktur des ganzen Kronenfortsatzes, verbunden mit einer Luxation der Vorderarmknochen und zwar der ulna nach hinten und oben und des Radius nach aussen und etwas nach vorn Reposition der Luxation. Verband in flectirter Stellung des Armes angelegt. Nach 4 monatlicher Behandlung konnte der Patient den gewöhnlich zwischen Pro- und Supination stehenden Arm voll-

ständig strecken, die active Beugung gelang bis zu einem Winkel von 100°, die passive konnte bis zu einem rechten Winkel vorgenommen werden. Die passive Supination war normal, die Pronation war activ und passiv behindert.

Mit der unverhältnismässig grösseren Häufigkeit der Vorderarmbrüche am unteren Radiusende nehmen auch die Drehungshindernisse an dieser Stelle zu. Es summiren sich hier 4 Factoren, die einer wenn auch geringen so doch factisch vorhandenen Callushyperproduction zum Drehungshindernis verhelfen, das sind die Nähe und die eventuelle Mitbeteiligung des Gelenkes an der Fraktur, die Nähe des Parallelknochens und schliesslich die doch meist vorhandene wenn auch in dem einzelnen Fall sehr geringe Dislocation der Fragmente. Es bedarf nicht der Erwähnung, dass eine Verdickung auch nur eines Gelenktheiles frühzeitige Hemmung der Excursionen des unteren Radio-ulnargelenkes bedingen muss, oder dass ein noch so geringer Knochenvorsprung bei den oben beschriebenen engen Verhältnissen, welche das Spatium interosseum ventrale in seinem unteren Drittel bei der Pronation zeigt (6 mm. breiter Spalt), zum Pronationshindernis werden muss. Wir verweisen hier auf die bei Malgaigne in seinem „Traité des fractures et des luxations“ abgebildeten Paradigmen von Difformitäten nach Fraktur des Radius loco classico — dieselben müssen unbedingt zum Rotationshindernis geworden sein — leider vermissen wir eine bestätigende Angabe über diesen Punkt.

Die einschlägigen der Litteratur entnommenen Fälle betreffen Radiusbrüche und zwar Colles'sche Frakturen, so dass eine geringe typische Dislocation fast stets mit zu verzeichnen ist. Dieselben bilden gewissermassen den Uebergang zu der nächsten Form. Ein gleiches war in dem von uns beobachteten in diese Gruppe gehörigen Fall zu verzeichnen:

Fall 30. J. P., 15 a. n. Fractura radii sin. loco classico vor 8 Wochen. Ca. 2 Wochen später setzt die ärztliche Behandlung mit Schede'scher Schiene ein. Nach Ablauf der 8 Wochen ist folgender Status zu verzeichnen: Vollkommene Consolidation der Fragmente mit nur geringer Andeutung der typischen Dislocation. Der Radius ist um die Bruchstelle und weiter unten am Gelenkende in dorsoventraler Rich-

tung um ca. 1 cm. gegen rechts callös verdickt. Die Pronation ist bis auf einen Defect von 45°, die Supination bis auf einen Defect von 60° möglich.

Ohne jegliche Dislocation verlief der folgende Fall:

Fall 31. Jaan T., 24 a. n. acquirirte vor ca. 12 Jahren eine Fraktur des carpalen Radiusendes des linken Vorderarmes. Bei der Untersuchung erweist sich dasselbe als bedeutend callös verdickt, so dass dasselbe in dorsoventraler Richtung gegen rechts um ca. 2 cm. verdickt ist. Supination ist bis auf 30°, Pronation bis auf wenige Grade ausführbar.

Ein weiterer Fall aus unserer Beobachtung:

Fall 32. 13 Wochen alte, geheilte Fraktur des Radius an dessen carpalem Ende. Der Vorderarm ist pronirt, die Supination ist bis auf 70° ausführbar. Die Fragmente des Radius sind leicht ad longitudinem gegen einander verschoben. Das proximale Fragment ist mit seinem unteren Ende gegen die ventrale, das distale mit seinem oberen Ende gegen die dorsale Fläche des Vorderarmes dislocirt. Dieses ist jedoch nicht stark ausgeprägt. Das untere Radiusende ist stark callös verdickt aber nicht mit dem Ulnaköpfchen verwachsen, welches letztere sich gegen den Radius unter fühlbarer Crepitation verschieben lässt.

Wir glauben uns keiner Uebertreibung schuldig zu machen, wenn wir annehmen, dass solche Resultate wohl zu Dutzenden vorgekommen sein mögen, bei der grossen Anzahl der als Verstauchungen des Handgelenks so oft verkannten Colles'schen Frakturen. (s. Abbilg. bei Gurlt).

Als weitere Beispiele:

Fall 33. **Gaillard**. (Gurlt, S. 283. Fall 13) 90 Tage alte Radiusfraktur. Das untere Ende des Radius in 4 Fragmente geteilt, die sämtlich in das Gelenk eindringen und sich nicht höher als 1" über dasselbe erheben. Das ganze so zerschmetterte untere Ende ist mit einer unregelmässigen Masse von dem Umfange von mehr als die Hälfte eines Eies umgeben, aus sehr brüchigem, sehr spongiösem und gefässreichem Knochengewebe bestehend, welches die verschiedenen Fragmente in eine gemeinschaftliche Masse einkapselt und vereinigt.

Fall 34. Jahresbericht v. Katharinenhospital 1878/79 (S. 138) W. 17 J. alt, erlitt durch Sturz aus dem Fenster einen mässig schiefen Bruch beider radii Nach 5 Wochen mit ziemlich dickem Callus entlassen. Die Bewegungen am linken Arm sehr gut, am rechten weniger, namentlich beschränkte Supination. 3 Monate später wiederum Fall auf die vorgestreckte Hand hart am Gelenk und gerade unterhalb des alten, dicken Callus. Eine ziemlich quere Bruchlinie mit deutlicher Beweglichkeit; gute Heilung, weit bessere Supination als früher."

Fall 35. **Margary**. (S. 1448) . . . eine schlecht geheilte Fraktur des unteren Radiusendes bei einem 16-jährigen Arbeiter war für Pronation und Supination, sowie für Beugung und Streckung hinderlich.

M. excidirte ein 6—7 mm Basiallänge messendes keilförmiges Knochenstück aus dem unteren Ulnaende und durchmeisselte linear den Radius.
 die Hand wurde wieder beweglich.

b. Voluminöser Callus mit Dislocation der Bruchstücke.

In der folgenden Gruppe gehen Callus und Dislocation Hand in Hand und werden zum Drehungshindernis. Durch gegenseitige Annäherung der Fragmente compensirt die Dislocation das, was Callusneubildung sich an Umfang verleiht. Je nach der Richtung der Dislocation wird sich das Rotationshindernis verschieden gestalten; so muss eine dorsalwärts gerichtete winkelige Knickung von Callus unterstützt zum Supinationshindernis werden, wegen der hierbei zu Stande kommenden Annäherung der dorsalen Knochenflächen; eine Dislocation von Fragmenten gegen den Parallelknochen im Bereiche des Isthmus oder des ventralen Zwischenknochenraumes muss gleichfalls aus anatomischen Gründen zum Pronationshindernis werden, mag nun eine gegenseitige Berührung der Knochen oder eine Einklemmung der Zwischenknochenraumuskulatur vor sich gehen.

Folgende von uns beobachtete Fälle dienen zur Illustration dieser Thatsachen:

Fall 36. J. Wannus, 25 J. alt. Vor 8 Jahren geriet der linke Vorderarm in einen Treibriemen. Nach 4 Wochen Entfernung des Verbandes; damals soll der Arm noch gerade gewesen sein; im Laufe der nächsten Zeit entwickelte sich die augenblicklich bestehende Difformität. Der linke Vorderarm ist gegen den rechten um 3 cm verkürzt, die Hand steht in Semipronationsstellung, die untere Partie des Vorderarmes zeigt die der Pronationsstellung entsprechende Abrundung. Von der genannten Stellung aus ist eine Supination bei fixirtem Schultergelenk activ unmöglich, passiv nur um einige Grade ausführbar, worauf die Hand wieder zurückfedert. Die Pronation ist bei fixirtem Schultergelenk und rechtwinklig gebeugtem Ellenbogengelenk bis auf wenige Grade möglich. An der Streckfläche des Vorderarmes ist mehr nach der ulnaren Partie hin zwischen mittlerem und oberem Drittel eine starke Hervorragung sichtbar, an dieselbe schliesst sich daranstossend radialwärts eine kleinere ebenfalls nach der Ulna hin gerichtete nicht deutlich contourirte, aber deutlich palpable Prominenz (Fig. 20). Der Scheitel der grösseren Wölbung liegt 15 cm. vom carpus und 8 cm. vom Oberarm ab; der Scheitel der kleineren Wölbung ist dem carpus um 1 cm. näher gerückt. Die Vorderarmaxe ist in einem Winkel von ca. 150° geknickt,

dessen der grösseren Prominenz entsprechender Scheitel bei Streckung und extremer Pronation radialwärts, bei extremer Supination mehr dorsal- und ulnarwärts sieht. Die Palpation (die Palpationspunkte sind in den Figuren 20, 21 und 22 wiedergegeben. Fig. 20 = Dorsalansicht bei extremer Supination; Fig. 21 = Dorsalansicht mit Contouren des ulnaren Callus. Fig. 22. — Dorsalansicht bei extremer Pronation) ergibt, dass der grosse Buckel der Ulna angehört (Fig. 21), welcher sich summiert aus winkliger Verstellung, Verschiebung des unteren Fragments über das obere und starkem Callus. Ein gleiches ist am Radius zu fühlen, doch ist hier die Callusproduction geringer. Bei einer Pronationsbewegung macht der Radiusbuckel deutliche Excursionen und entfernt sich von dem ulnaren (Fig. 22), bei einem Supinationsversuch stösst er gegen den ulnaren Buckel, vielleicht mit Interposition von Weichteilen, wodurch eine Rotation im Sinne der Supination unmöglich wird; einen wesentlichen Hilfsfactor bildet hierbei die ulnarwärts gerichtete Verstellung der Fragmente.

Aehnliche Verhältnisse zeigt auch der folgende von uns beobachtete Fall:

Fall 37. J. Waltin, 42 a. n. Bruch des Radius und der Ulna 7 cm. vom carpalen Ende. Consolidation mit winkliger, dorsal- und ulnarwärts gerichteter Knickung des Vorderarmskeletts. Die Radiusfragmente bildeten einen Winkel, welcher bei Pronation dorsalwärts, bei Supination dorsal- und ulnarwärts sah. Das distale Fragment war über das proximale verschoben. Der Scheitel des Winkels, welchen die Ulnafragmente miteinander bildeten, sah bei stärkster Pronation dorsal- und ulnarwärts, bei Supination ulnarwärts; der Winkel betrug ca. 170°. Das distale Fragment hatte sich unter das proximale geschoben. Die Bruchenden waren durch mässig starken Callus miteinander vereinigt. Bei Supinationsbewegungen stiess der Radiusbuckel, sich ulnarwärts wendend gegen den Scheitel des Ulnabuckels, so dass ein Supinationsdefect von 30° zu verzeichnen war. (Fig. 23 in Supinationsstellung vom Dorsum aus gesehen, Fig. 24 in Pronationsstellung von der radialen Seite aus gesehen).

Ein in der chirurgischen Poliklinik hierselbst von uns beobachteter Fall zeigte folgende Verhältnisse:

Fall 38. 6 Wochen alte, annähernd in der Mitte des Vorderarmes sitzende isolirte Ulnafractur. Die Heilung ergab als Resultat eine dorsal- und ulnarwärts gerichtete halbkugelige Vortreibung der Frakturstelle. Dieser entsprach eine winkelige Vereinigung der Ulnafragmente: der Scheitel sah stark gegen das dorsum antibrachii und leicht ulnarwärts. Am Scheitel des Winkels fand sich starke Callusablagerung. Die Supination war bis auf einen Defect von 10° möglich. Die Musculatur wölbte sich hierbei in dorsaler Richtung vor. (Einklemmung zwischen dorsaler Radiusfläche und Frakturbuckel).

Fall 39. *Malgaigne*. (S. 587, Fig. 7) la fracture (Fig. 25) occupe à peu près la partie moyenne et siège au même niveau sur les deux os. Autant que le cal permettait d'en juger elle avait été oblique en bas et en arrière pour le radius en bas et en dehors pour le cubitus. En

conséquence le fragment radial inférieur était remonté quelques mm. en avant de l'autre, dont on voit saillir la pointe en arrière et le fragment cubital inférieur était remonté du même côté interne du supérieur le fragment supérieur du cubitus se trouvait donc interposé en quelque sorte entre les deux fragments inférieurs et les avait maintenant écarté si bien que l'espace interosseux n'a rien perdu entre eux de sa largeur, tandis que plus haut il a été fort réduit et même effacé en un point par le rapprochement des fragments supérieurs. Il n'y avait cependant de soudure des deux os et les mouvements de supination pouvaient se faire encore bien que très limités. Enfin sur la pièce les deux fragments d'en bas forment avec ceux d'en haut un angle saillant en arrière, que le dessin n'a pas pu rendre.

Zwei weitere Fälle beschreibt Anger (S. 190, Pl. 53, Fig. 1, 2) als Beispiel dafür, dass durch Dislocation der Fragmente nach dem Zwischenknochenraum mit consecutiver Verkleinerung desselben Aufhebung resp. Behinderung der Pro- und Supinationsbewegungen eintreten kann. Die beigegebenen Abbildungen beweisen jedoch, dass in denselben eine stark ausgeprägte Callusproduction hinzukam.

Fall 40, 41. Les figures 1 et 2 représentent les deux avant-bras du même sujet; le radius droit et le radius gauche étaient brisés à peu près au même niveau et les déplacements étaient du même genre. La densité du cal était la même à gauche et à droite; ainsi probablement ces deux fractures étaient contemporaines. Le fragment supérieur du radius a conservé la direction, qu'il avait avant le traumatisme; le fragment inférieur était fortement porté en dedans par sa partie supérieure; il résulte de là, que les déplacements étaient selon l'épaisseur. Le radius était légèrement raccourci. Quand on examine en effet la ligne des apophyses, on aperçoit qu'elle est horizontale; l'apophyse styloïde radiale a donc été relevée, le radius raccourci. Dans la figure 1 (Fig. 26) l'espace interosseux a presque entièrement disparu mais les os ne sont point soudés. Dans la figure 2 (Fig. 27) l'espace est considérablement diminué.

c. Dislocation der Bruchstücke.

Mit dem Zurücktreten der Callusneubildung gegenüber der Dislocation der Fragmente kommen wir zur nun folgenden Gruppe der reinen Dislocationshindernisse, bei welchen also lediglich die bleibende Verstellung der Bruchenden den Mechanismus der Rotationshindernisse beeinträchtigt. Wir unterscheiden im Prinzip zwei Arten von dislocirenden Gewalten:

von aussen angreifende, exogene Gewalten, wie z. B. die fracturirende Gewalt, welche die Fragmente direct oder indirect nach jeder beliebigen Richtung hin ausweichen lassen kann;

auf der anderen Seite sind es im Vorderarme selber thätige Kräfte, endogene Gewalten, wie die Muskelaction, welche Verstellung der Bruchstücke nach ganz bestimmter, für das jeweilige Niveau der Fractur am Vorderarme typischer Weise besorgt. Durch die Pronatoren und Supinatoren geschieht dies in weiter unten zu erörternder Weise, hier sei nur die Tendenz der Pronatoren hervorgehoben, die Bruchstücke in das spatium interosseum hineinzuziehen, ebenso wie die Wirkungsweise der Flexoren, welche wohl die winkelige Knickung beider Vorderarmknochen nach dem dorsum hin verschuldet und diese Thätigkeit am noch weichen Callus fortsetzen kann. Dieses beweist der oben beschriebene Fall 36, bei welchem nach Weglassung des Verbandes die Verbiegung erst vier Wochen nach der Fraktur sich allmählich zu entwickeln begann.

Die folgenden Gruppen osteogener Hindernisse wären demnach einzuteilen in:

- 1) exogene Dislocationshindernisse
- 2) endogene Dislocationshindernisse.

1) exogene Dislocationshindernisse.

Wir leiten diese Gruppe durch einige Fälle ein, bei welchen die fracturirende Gewalt zum Teil eine in anatomischer Hinsicht genauer nicht angegebene Dislocation der Fragmente gegen den Parallelknochen bewirkt hat zum Teil dieselben so gestellt hat, dass sie im Momente der Bewegung mit demselben collidiren oder Weichteile interponiren.

Zunächst ein von uns beobachteter Fall:

Fall 42. M. W., 23 a. n. Am 26./VII. 95, fractura radii dextri. Am 18./XI.: der rechte Vorderarm bildet mit der Hand im Profil eine Gabelfigur. Die Hand ist radialwärts abgewichen. Das capitulum ulnae prominirt stark. Sitz der Difformität ist das carpale Radiusende; hier haben sich die Fragmente so vereinigt, dass das proximale Radiusfragment mit seinem carpalen Ende ventral und ulnarwärts abgewichen ist und hier eine Prominenz am Vorderarme bildet. Das distale Fragment springt mit seinem carpalen Ende dorsalwärts vor, reitet zum Teil auf der äusseren und dorsalen Fläche des proximalen Fragments, mit welchem es einen radialwärts offenen Winkel bildet.

Es persistirt mithin die für die carpale Radiusfractur charakteristische Dislocationsform. Die Supination war bis auf einen Defect von 60°, die Pronation bis auf einen Defect von 65° ausführbar. Als Ursache für diese Störung ist die erwähnte Dislocation aus oben geschilderten Gründen verantwortlich zu machen.

Den gleichen Status geben zwei von Dupuytren beschriebene Fälle wieder, ebenfalls carpale Radiusfracturen:

Fall 43. Dupuytren. (S. 149). Fracture du radius avec déviation de la main du côté radial (consolidée vicieusement). . . On remarquait alors la difformité suivante: la main était fortement portée dans l'adduction; un enfoncement existait à l'extrémité inférieure du radius; les mouvements de pronation et de supination étaient extrêmement douloureux et à peu près impossibles. (Dupuytren reconnut une fracture de l'extrémité inférieure du radius.

Fall 44. Dupuytren, S. 218. Fracture du radius gauche, déterminée par une chute sur la paume de la main et non traitée pendant vingt jours. Consolidation vicieuse: fracture du radius gauche près de son extrémité inférieure . . . la main était fortement portée dans l'adduction; un enfoncement très prononcé existait à l'extrémité inférieure du radius au niveau de la fracture, les mouvements de pronation et de supination étaient à peu près impossibles et extrêmement douloureux.

Ebenfalls hierher gehört der Fall von Young (S. 124).

Fall 45. Seventeen weeks previously . . . fell heavily with the right arm and hand beneath the body . . . On examination J found . . . an old Colles fracture of the radius badly united, the upper fragment tilted backwards with a projection on the forearm back of the wrist, and considerable deviation of the hand from the axis of the limb. The head of the ulna, with its articular facet had been driven downwards, forwards, and to the outer side beneath the triangular fibrocartilage and annular ligament and was still in this position. The power of pronation and supination was lost.

Fall 46. Callender fracture of the carpal extremity of the right radius of four weeks duration. The forearm had been kept

continuously at rest, in the prone position the bone had been broken across about three quarters of an inch from the carpus, and the distal fragment formed a well marked projection on the palmar aspect; on the dorsal the proximal end was of course prominent. The wrist was fixed and half the rotation of the radius was lost, that is to say, there was no movement beyond that which placed the thumb uppermost from extreme pronation.

Weiter beobachteten wir den folgenden Fall:

Fall 47. R. S., stürzte im August 1894 von einer Treppe und schlug mit der Ulnarpartie beider Vorderarmknochen auf. Einschienung erfolgte erst im September. Am rechten Arm ist die Ulna, welche in der Mitte gebrochen war, so consolidirt, dass die Fragmente miteinander einen bei stärkster Supination dorsalwärts blickenden, sehr stumpfen Winkel bilden. Das obere Ulnafragment ist zugleich radial- und ventralwärts abgewichen (Fig. 23), das untere Fragment reitet auf dem oberen. Callusbildung ist nur mässig vorhanden. Die Supination ist um 20° zu wenig ausführbar. Am linken Arm sitzt die Ulnafractur zwischen unterem und mittlerem Drittel. Dorsalwärts kaum ausgesprochene Winkelbildung, hingegen ist die Callusbildung deutlicher. Die Supination ist minimal beeinträchtigt.

Als Drehungshindernis ist hier das obere Bruchende der Ulna auszusprechen, welches bei der Supinationsbewegung der sich nähernden dorsalen Radiusfläche mittelbar zu nahe kommt. Ein gleiches Prinzip, jedoch im Sinne eines Pronationshindernisses repräsentirt der folgende Fall von Bidart.

Fall 48. Fraktur der Ulna in der Mitte. Das untere Bruchstück der Ulna ist nach dem Spatium interosseum ventrale verschoben. Die Bruchstücke sind schief miteinander verwachsen. Pronation unmöglich.

Das untere Ulnafragment wird in diesem Falle wohl nach dem ventralen Zwischenknochenraum dislocirt gewesen sein.

Einen eigenartigen Typus von Dislocationshindernis finden wir in dem folgenden von uns beobachteten Falle:

Fall 49. L. P., 10 a. n., fällt auf die rechte Hand. Der Befund ist eine Infractio des Radius in seinem unteren Drittel. An dieser Stelle weist derselbe eine winkelige Knickung seiner Längsaxe auf, dessen Scheitel volarwärts sieht. Der Winkel, den die Fragmente miteinander bildeten mochte etwa 1½ Rechte betragen. Die Ulna ist intact. Alle Bewegungen sind frei und schmerzlos, bis auf die Pronation, die bei fixirtem Schultergelenk und rechtwinkl. gebeugtem Ellenbogengelenk bis auf einen Defect von 50° möglich ist. Die Therapie bestand in sofortiger allmählicher Geradbiegung des Radius, was anstandslos gelang. Mit dem Moment der Geradrichtung desselben war auch das Pronationshindernis vollkommen verschwunden.

Das Pronationshindernis erklärt sich in diesem Falle durch eine Einklemmung, resp. Zusammenpressung des volaren Zwischenknochenrauminhaltes zwischen volarer Ulnafläche und den winkelig verstellten Radiusfragmenten, welche man bei der Pronationsbewegung sich stark gegen die Ulna hinüberlegen fühlte.

Ein Supinationshindernis am carpalen Vorderarmende beschreibt Hamilton (S. 298).

Fall 50. I have known one instance, however, in which a surgeon . . . recognized and reduced a dislocation of the radius and ulna backwards but did not detect a fracture of the ulna two inches above its lower end. 6 months after . . . the patient called upon me with a marked deformity near the wrist, occasioned by the backward projection of the broken ulna and with a complete loss of the power of supination."

Das Volkmann'sche Prinzip.

Den bisher erwähnten Dislocationsformen, welche in ihrer Richtung wenig Gesetzmässiges, ja rein zufälliges boten, steht eine 1868 von Volkmann beschriebene Form gegenüber. Bei dieser kommt nicht mehr das Prinzip einer gegenseitigen Annäherung der Knochen in Frage — im Gegenteil, hier wird zum Hindernis eine im Moment der Drehbewegung eintretende gegenseitige Entfernung derselben.

Volkmann beobachtete solches an Radiusfracturen. Wird eine etwa in der Mitte der Diaphyse sitzende Radiusfractur in vollkommener Pronationsstellung einbandagirt — eine solche Stellung kann am gebrochenen Vorderarme nur passiv eintreten — so wird dabei der Radius, welcher die Ulna kreuzt über dieselbe wie etwa ein über's Knie zu brechender Stab, an seiner Bruchstelle winklig geknickt, so dass der Scheitel des Winkel volarwärts blickt. Namentlich bei Fracturen im oberen Drittel des Radius prominirt die Winkelspitze nach der volaren Vorderarmfläche, wozu die Wirkung des m. biceps das ihrige beitragen mag, da der letztere das Bruchstück, an welchem er inserirt nach vorne ventralwärts zu ziehen bestrebt ist. Consolidirt der Radius in einer solchen Winkelstellung seiner Fragmente, so wird

diese Dislocationsform zum Supinationshindernis. Indem nämlich der Radius in die Parallelstellung zurückzukehren versucht, machen die winklig vereinigten Fragmente eine Excursion, welcher dass in Pronationsstellung gefaltete, nunmehr aber viel zu schmale ligamentum interosseum nicht mehr folgen kann. In extremer Supinationsstellung müsste der Scheitel des Winkels radialwärts schauen und der durch radiale Divergenz der Fragmente bedingten Verbreiterung des isthmus interossei kann das ligamentum interosseum nicht folgen. Es wird also hierbei zum secundären Drehungshindernis.

Die eben beschriebene Winkelstellung der Radiusfragmente kann auf rein musculärer Basis nicht entstehen. Am gebrochenen Radius ruft die Wirkung der Pronatoren am unteren Fragment vor allen eine dislocatio ad peripheriam dem oberen gegenüber hervor. Auch hier lässt sich eine geringe Winkelbildung verzeichnen, nur liegt dieselbe in einer anderen Ebene, als bei der Volkmann'schen Dislocation, in einer Ebene nämlich, welche man sich durch beide Vorderarmknochen gelegt denkt. Der Volkmann'sche Winkel liegt in einer zu dieser senkrechten Ebene. Im ersten Falle sieht also der Scheitel des Winkels radialwärts, im zweiten — ventralwärts, wegen der über die Ulnakörper vollzogenen Knickung der in Pronation stehenden Radiusfragmente.

Volkman illustriert sein Prinzip an zwei Fällen.

Fall 51. Seine erste Beobachtung . . . betrifft ein Bänderpräparat von einer Leiche mit alter Radiusfractur, über die nichts weiteres in Erfahrung gebracht wurde. Der linke Unterarm erschien in seinem oberen Teile etwas deformirt und stand in Pronation. Supinationsbewegungen waren nur um einige Grade ausführbar, daher der Arm und namentlich das ligamentum interosseum unter Conservirung der Kapseln und Bänder und namentlich des ligamentum interosseum präparirt wurde. (Fig. 29). —

Die Fractur hat 3 Zoll unter dem Caputulum radii stattgefunden und ist jedenfalls schon vor langer Zeit acquirirt, da der Knochen an der Bruchstelle bereits wieder vollständig abgeglättet ist und nur eine leichte Verdickung oder besser Abplattung zeigt. Beide Fragmente sind unter starker Dislocatio ad axin vereinigt; der Winkel, den sie bilden

beträgt 166° , und wendet in der vollen Pronationsstellung des Armes seinen Scheitel fast ganz ulnarwärts, so dass wenn der Radius eine ausgiebige Supinationsdrehung machen sollte, dieser Scheitel nach Außen sich richten müsste. Eine Dislocation ad peripheriam ist nicht vorhanden. Selbst nach Wegnahme aller Muskeln und Weichteile mit Ausnahme der Bänder am Ellenbogen- und Handgelenke, sowie des lig. interosseum, ist es, statt normal um 180° , nur möglich den Radius um höchstens 30° zu supinieren, und sieht man sofort, dass eine weitere Bewegung durch das straff sich anspannende ligamentum interosseum verhindert wird, dessen Breite an der Frakturstelle kaum 12 mm. beträgt. — Nachdem diese Maasse festgestellt sind, wird um ein etwa nebenbei bestehendes z. B. am Capitulum radii liegendes Supinationshindernis auszuschliessen, das lig. interosseum der Länge nach vom Radius abgelöst, worauf sofort die volle Supination möglich wird (Fig 30). Das spat. interosseum bekommt dabei in Folge der Auswärtswendung des zuvor nach einwärts vorspringenden Frakturwinkels die Breite von 3,6 cm., so dass dasselbe in diesem Falle genau 3 mal so breit hätte sein müssen, als es in der That war, wenn es die Supination hätte gestatten sollen. —

Fall 52. Der zweite Fall betrifft einen Patienten, der in Folge einer directen Gewalteinwirkung einen ebenfalls isolirten Bruch des rechten Radius einen Zoll über der Mitte acquirirt hatte Bei der Untersuchung findet sich Folgendes: der Arm wird in einer mittleren Stellung zwischen Pronation und Supination gehalten Alle Bewegungen des Armes gehen mit vollkommener Kraft und Sicherheit ohne Schmerz von statten, nur die Supination macht Schwierigkeiten. Fixirt man den humerus und ergreift man die Hand, so lässt sich selbst unter Anwendung beträchtlicher Gewalt der Vorderarm nur so weit drehen, dass an der vollen Supination mindestens noch 50° fehlen. Ist die Supination so weit getrieben, so fühlt man einen sehr festen, jedoch etwas elastischen Widerstand, und der Kranke selbst empfindet eine schmerzhaft Spannung an der früheren Bruchstelle. Diese letztere selbst ist jedoch vollkommen fest, bei örtlichem Druck schmerzlos, Callusaufreibung kaum zu fühlen, allein beide Fragmente des Radius sind in einem nach der Vola antibrachii vorspringendem Winkel consolidirt, der auf 165° bestimmt wird. Sollte der Arm in volle Supination gebracht werden, so müsste dieser noch vom nach vorn vorspringenden Winkel zum äusseren werden.

Bezüglich der Volkmann'schen Fälle erstehen für den Fall von Fraktur im oberen Drittel des Radius, also oberhalb der Insertion des pronator teres Erwägungen, welche aber nicht im Stande sind die Berechtigung des gesonderten Prinzipes anzugreifen. Sitzt die Fraktur des Radius oberhalb der Insertion des pronator teres, so muss, wie noch später auseinandergesetzt werden soll, das obere Fragment durch den m. biceps supinirt werden, das untere pronirt

werden; die Pronationsstellung wird verstärkt durch Einbandagieren in Pronationsstellung. Das Volkmann'sche Prinzip verlangt aber zugleich eine Pronationsstellung des oberen Fragmentes, und wie eine solche bei einer Fraktur im oberen Radiusdrittel entsteht, das lässt sich nur vermuten. Ständen vielleicht die beiden Fragmente des Radius durch irgend welche Gewebsteile (Periost) noch in Verbindung miteinander, so musste das obere Fragment der verstärkten Pronationsbewegung des unteren folgen (Kunsthilfe). Hier ist die Grenze für die Reinheit des Volkmann'schen Prinzips zu setzen. Blicke die Fraktur im oberen Radiusdrittel sich selber überlassen so würde mit der Supinationsstellung des oberen Fragmentes, das weiter unter beschriebene Schmidt'sche Hindernis entstehen. Rein wird dasselbe bei Frakturen unterhalb des pronator teres sein. Antagonismus des biceps, supinator brevis und pronator teres stellen das obere Fragment in Semipronation gegenüber dem unteren gewaltsam pronirten Fragment. So kommt der ventralwärts gerichtete Winkelscheitel zu Stande. Dann gilt das Volkmann'sche Prinzip voll und ganz und ist die Semipronationsstellung des oberen Fragments zur vollkommenen Pronationsstellung des unteren, also eine relative Supinationsstellung des oberen zum unteren, etwas rein concomitirendes und nicht primär als Hindernis verantwortlich zu machen.

Aus der Casuistik führen wir den folgenden Fall an, bei welchem wir allerdings neben mehreren gegebenen Größen mit manchem Unbekannten zu rechnen haben:

Es ist das ein Fall von Dupuytren (cit. nach Gurlt S. 774. Nr. 11).

Fall 53. Fraktur des Vorderarmes in der Mitte seit 4 Monaten bestehend. Die Hand stark in Pronation stehend. Vorsprung an der Palmarfläche.

Der Vorsprung an der Palmarfläche ist als Scheitel des Volkmann'schen Winkels anzusprechen.

2. endogene Dislocationshindernisse.

Gehen wir nun zu den muskulären Dislocationen über, namentlich zu denjenigen, welche durch die Wirkung der Pronatoren und Supinatoren zu Stande kommen, so lassen sich dieselben in ein Schema hineinordnen, wie es z. B. Hoffa (S. 359) gethan hat. Die Dislocationsformen zeigen je nach dem Niveau, in welchem die Fraktur sitzt folgende Bilder:

Bei Fraktur beider Vorderarmknochen:

Ueber der Insertion des pronator teres, wird das obere Radiusfragment durch die vereinte Wirkung des m. biceps und supinator brevis supinirt. Das obere Ulnafragment behält seine Stellung wegen seiner soliden Gelenkvereinigung im Ellenbogengelenk bei. Die unteren Bruchstücke beider Knochen werden gegeneinander genähert und pronirt.

Unter der Insertion des pronator teres bis an den pronator quadratus, nimmt das obere Radiusfragment eine Semipronationsstellung ein, weil pronator teres und biceps sowie supinator brevis sich die Waage halten. Das obere Ulnafragment ändert seine Lage nicht, die unteren Fragmente werden einander genähert, das untere Radiusfragment in eine wenn auch geringere Pronationsstellung (Hoffa) durch den pronator quadratus gebracht.

Brüche unterhalb, resp. durch die unteren Fasern des pronator quadratus haben eine Pronationsstellung des Vorderarmes zur Folge, während die unteren Fragmente und die Hand durch die Thätigkeit des supinator longus und der extensores carpi radiales in Radialflexion und Supination gebracht werden (Pitha S. 100).

Bei isolirter Fraktur des Radius:

Ueber der Insertion des pron. teres wird das obere Fragment durch biceps und supinator longus vollständig supinirt. Das untere Fragment wird durch pronator teres und pronator quadratus pronirt.

Unter der Insertion des pron. teres bis zum pron. quadratus stellt sich das obere Fragment in Semipronation. Das untere Fragment wird leicht pronirt und gegen den Zwischenknochenraum dislocirt.

Unterhalb des pron. quadratus, also bei der Colles'schen Fraktur, stellen sich, sofern nicht Einkeilung die Fragmente in typischer Weise dislocirt unteres Fragment und Hand in Radialflexion und Supination, oberes Fragment in Pronation.

Eine Form von musculärem Dislocationshindernis ist 1866 von B. Schmidt beschrieben worden:

Das Benno Schmidt'sche Prinzip.

An der Hand von 4 Fällen, deren 3 Frakturen beider Vorderarmknochen, einer den Radius allein betraf, schildert

B. Schmidt ein Rotationshindernis das seine Erklärung in folgender Dislocation der Fragmente findet. Es liegt nämlich eine Pronationsstellung der unteren Fragmente, resp. des unteren Radiusfragmentes vor, welche Dislocation, wie aus früherem ersichtlich, in stärkerem Maasse bei Frakturen über der Insertion des pronator teres, in schwächerem Maasse bei Frakturen unterhalb desselben stattfindet; zum Anderen besteht die bleibende Supinationsstellung, rp. Semi-pronationsstellung der oberen Fragmente. Tritt Consolidation in dieser abnormen Stellung ein, so wird der Ausführung einer Pronationsbewegung innerhalb physiologischer Grenzen nichts im Wege stehen. Anders aber verhält es sich in einem solchen Falle mit der Supination. Dieselbe erfährt je nach dem Grade der Pronationsstellung des unteren Vorderarmabschnittes im Verhältnis zum oberen eine grössere oder geringere Beeinträchtigung. Bei dem Acte der Supinationsbewegung hat nämlich in einem solchen Falle der obere Teil des Vorderarmskelettes seine physiologische Supinationsgrenze bereits erreicht, während der untere Teil noch um die Differenz der Pronationsstellung beider Fragmente (des oberen und des unteren) zurückgeblieben ist. Dieses Prinzip zuerst erkannt und gewürdigt zu haben ist ein Verdienst B. Schmidt's. Als Paradigmen führt er die folgenden Fälle an.

Fall 54. Der Bruch bestand in der Mitte des Vorderarmes an der Ulna wenig tiefer als am Radius. — Die Beweglichkeit der Bruchstücke war gross. In der halben Pronation des rechtwinklig gebeugten Vorderarmes wurde an der Hand und oberhalb des Ellenbogengelenkes eine Extension ausgeübt, die Bruchstücke in fortlaufende Richtung gebracht, soweit sich dies durch die ziemlich dicken Weichteile hindurch beurteilen liess und eine über das Handgelenk herab und zum halben Oberarm hinaufreichende rechtwinklige Pappschiene an der Dorsal- und Volarseite des Vorderarmes und Oberarmes angelegt. Bei der zeitweisen Erneuerung des Verbandes zeigte sich, dass die Bruchstücke der Ulna einen nach vorn und nach dem Radialrande hin, die des Radius einen nach der Volarseite hin offenen Winkel zeigten. Der Radialrand ist etwas mehr verkürzt als der Ulnarrand. Die Pronation geschieht vollständig. An der Supination mangelt nach ungetährter Schätzung 30–40°, welche durch Supination im Schultergelenk ersetzt und von dem Kranken kaum vermisst werden.

Fall 55. In der pathologisch-anatomischen Sammlung im hiesigen Jacobshospital (Leipzig) befindet sich ein Präparat einer geheilten Fraktur beider Vorderarmknochen linker Seite, welches einer unbekanntem Leiche entnommen wurde. Der Vorderarm ist im Allgemeinen in einem nach der Volarseite hin offenen Winkel geheilt. Die Dislocation an den Bruchstücken des Radius aber ungleich bedeutender als an denen der Ulna. Das untere Bruchstück der Ulna ist bei rauher Beschaffenheit der Bruchflächen ein wenig nach oben verrückt und dabei an der Axe des oberen Bruchstückes gegen die Volarfläche sowohl als gegen den Ulnarrand hin mässig abgelenkt. Das untere Bruchstück des Radius dagegen reitet auf dem vorderen äusseren Umfange des oberen Stückes. Die Bruchflächen sind offenbar garnicht mehr in Berührung gewesen. Ausserdem ist aber das untere Stück um seine Längsaxe in einer schwachen Pronationsstellung gedreht. Die Drehung beträgt 8–9°. — Um dieses Maas für die Axendrehung zu finden wurde die Lage des proc. styloideus radii (a) zu einem Punkte der scharfen Kante für das lig. interosseum (b) bestimmt, indem der Knochen in eine Drehbank mit graduirter Scheibe eingespannt war. Der Winkel aber betrug bei zwei gesunden Speichenknochen 141° bzw. 140°, bei dem fragl. pathol. Präparat 132°.

Fall 56. An einem anderen in derselben Sammlung befindlichen geheilten Speichenbruche, machte das untere Bruchstück des Radius mit dem oberen einen nach dem Radialrande hin offenen Winkel, ist aber ausserdem um ca. 30° pronirt. Der oben bez. Winkel wird bei diesem Präparat um 110° befunden.

Ueber die beiden letzten Fälle ist inbetreff der Krankengeschichte Nichts bekannt, zweifellos ist, dass an beiden Speichenknochen Pronation des unteren Bruchstückes bestand, welcher das obere nicht folgte, und dass in dem zuerst angeführten Falle die Dislocation des Radiusfragmentes erheblicher war, als an der Ulna.

Diesen von Benno Schmidt beschriebenen Fällen sind wir zwei weitere das gleiche Prinzip wiedergebende Fälle anzureihen im Stande, die uns Prof. A. Rauber aus der Sammlung des hiesigen Anatomischen Instituts zur Verfügung zu stellen die Freundlichkeit hatte. Beide Fälle stammen von ein und demselben Individuum:

Fall 57. Der linke Vorderarm (Fig. 31) zeigt eine Schrägfraktur der Ulna 7 cm und des Radius 13 cm von seinem carpalen Ende. Das untere Fragment der Ulna ist nach dem spatium interosseum dislocirt und in Pronationsstellung gedreht. Mit dem oberen Bruchstück ist dasselbe durch breiten nicht sehr massigen Callus vereinigt. Am Radius sitzt die Fraktur direct über dem Ansatz des pronator teres. Das obere Fragment steht in ausgesprochener Supinationsstellung, das untere in einer Pronationsstellung von nahezu einem halben Rechten. Es resultirt hieraus eine Supinationsstellung des oberen Teiles des Vorderarmskelettes gegenüber einer teilweisen Pronationsstellung des unteren."

Fall. 58. Am rechten Vorderarm sitzt die Schrägfraktur an der Ulna (Fig. 32) in der Höhe von ca. 6 cm; am Radius in der Höhe von ca. 13 cm über deren carpalen Enden. Das untere Fragment der Ulna ist nach dem Isthmus interosseus hin dislocirt und mit dem oberen Fragment durch etwas dickeren und ausgedehnteren Callus verbunden. Das obere Fragment des Radius steht in Supinationsstellung, das untere Fragment in einer Pronationsstellung von ca. 20°. Sein oberes Ende ist ein wenig radialwärts dislocirt und so mit dem oberen Fragment verwachsen“.

Die funktionellen Defecte ergeben sich aus der Beschreibung.

Das gleiche Prinzip vertritt der folgende Fall von Malgaigne (pl. IX deser. S. 13).

Fall 59. Fracture des deux os de l'avant-bras, avec déplacement des quatre fragments.

La fracture du radius siège à l'union du tiers moyen avec le tiers inférieur; celle du cubitus vers le quart inférieur de cet os. Le fragment cubital inférieur est remonté en arrière, le fragment radial en avant, ce qui implique un déplacement très marqué par rotation, la portion inférieure de l'avant-bras se rapprochant de la pronation, tandis que la supérieure restait plus voisine de la supination. Il est résulté de cette rotation, que le fragment radial inférieur porté en avant du fragment cubital supérieur s'est trouvé séparé par celui-ci du fragment inférieur, de telle sorte, que l'espace interosseux s'est à peu près conservé tout entier en bas, tandis que plus haut il a été considérablement réduit par le rapprochement des deux fragments supérieurs. (Fig. 33).

In Anschluss an isolirten Radiusbruch fand B. Schmidt sein Prinzip an folgendem Beispiel vertreten.

Fall 60. In einem . . . Falle von Vorderarmfraktur ist gleichfalls 2 Jahre nach vollendeter Heilung die Supination um etwa den $\frac{1}{6}$ Teil ihres normalen Maasses gebemmt, während die Pronation vollkommen geschieht. An der Ulna ist von einer daselbst verlaufenen Frakturheilung wenig zu spüren; der Radius dagegen erscheint gekrümmt und zwar ist die Concavität nach vorn und aussen gerichtet.

Aus der Casuistik von Difformitäten nach Frakturen des Radius entsprechen die folgenden dem Schmidt'schen Prinzip:

Fall 61. Mr. Mill, S. 153. exhibited a patient in whom he had performed subcutaneous osteotomy of the shaft of the radius three months previously. It appears that some years ago the bone had been fractured but the fragments had united in a false position, the upper part of the bone being supine but the lower part prone. The patient was moreover the subject of rickets. The operation was rendered more than ordinarily difficult through the eburnation of this bone. Union of the fragments has now taken place in such a manner, that supination and pronation of the forearm can readily be performed.

Fall 62. Lannelongue, S. 375, Obs. IV. . . . dans la chute le bord cubital de l'avant-bras gauche a rencontré le sol pendant que le poids du corps est venu appuyer sur le bord radial. Il n'a pas fait de traitement. . . . 'Etat actuel: Il fléchit sans aucune difficulté l'avant bras sur le bras. La main est dans la pronation complète et il lui est impossible à lui ainsi qu'à vous de la ramener en supination. La moitié inférieure de l'avant-bras a suivi la main et la face, qu' on a coutume de considérer comme antérieure regarde en arrière. Au contraire la face antérieure de la moitié supérieure de l'avant-bras regarde en avant. Au point de rencontre de plans de ces faces il n'existe pas de rétrécissement comme dans les observations précédentes, mais on observe en arrière sur le radius un gonflement profond, au cal, qui soulève les téguments et constitue une saillie arrondie. En suivant le radius dans sa continuité on le sent très bien disparaître dans ce cal. Le cubitus ne présente aucune inégalité, sa continuité est parfaite, il n'y a donc pas été de fracture.

In seinen weiteren Auseinandersetzungen macht Lannelongue allerdings den Callus verantwortlich, welcher die Bewegungen des Radius habe hindern müssen. Das ist nicht der Fall gewesen; in erster Reihe kommt hier die typische Vorstellung in Betracht. — Schliesslich halten wir es für erforderlich darauf aufmerksam zu machen, dass die Schmidt'schen Verstellungen viel häufiger sein müssen, als es nach der obigen Casuistik scheinen könnte infolge von Brüchen am unteren Gelenkende des Radius, sofern bei ihnen die Bruchlinie wesentlich von unten (handwärts und dorsal) nach oben und ventralwärts verläuft (Fall auf die Hand) Bekanntlich stellt sich dann wenn nicht das obere in volle Supination so doch das untere Fragment in Pronation, eine Stellung, die wenigstens bei Nichtbehandlung des Bruches leicht eine definitive werden kann. In Anbetracht der Häufigkeit der Brüche am unteren Ende des Radius werden wir aber behaupten dürfen, dass gerade diese Stelle ein grosses Contingent für das Schmidt'sche Prinzip abgeben muss, was in Zahlen anzugeben wir unvermögend sind, weil wir nicht wissen wie häufig der Colles'schen Fraktur gegenüber die ihr entgegen gesetzte Bruchlinie am unteren Radiusende vorkommt.

Umkehrung des Schmidt'schen Prinzipes.

Fand das vorige Hindernis seine Erklärung in einer Pronationsstellung der unteren Vorderarmpartie gegenüber

dem supinirten oberen Teil, so sei hier auf eine Dislocationform hingewiesen, welche gewissermassen eine Umkehrung desselben darstellt. Wir meinen den Fall, dass Supinationsstellung des unteren Vorderarmes mit Pronationsstellung des oberen sich vereinigt und zum Drehungshindernis wird. Dabei braucht es sich nicht um eine vollkommene Supinationsstellung des unteren Fragments zu handeln; es genügt, dass das untere zum oberen nach der Richtung der Supination einen Ueberschuss für sich hat und diese Differenz giebt den Pronationsdefect ab. Theoretisch lässt sich unter Berücksichtigung des oben erwähnten Schema's das Niveau der Fraktur bestimmen, welches, eine entsprechende Muskelwirkung vorausgesetzt, die gewünschte Verstellung bewirken muss. Nehmen wir den Fall an, es sässe ein Bruch am unteren Ende des Vorderarmes, unter dem pronator quadratus, so müssten pronator teres und quadratus für die Pronation des oberen Vorderarmes sorgen, supinator longus und flexor carpi radialis den unteren supinierend beeinflussen (cf. auch Pitha). Die Grenzen des obligatorischen Sitzes einer entsprechenden Fraktur sind der Thätigkeit des pronator quadratus gegenüber weiter zu ziehen, als anzunehmen wäre. Theoretisch könnte man die Supination des unteren Teiles nur dann zugeben, wenn der Bruch genau unterhalb des pronator quadratus gelegen ist, in Wirklichkeit geben sich die Fälle aber auch so, dass bei Brüchen, die innerhalb der Ausdehnung des Muskels liegen, das untere Ende supinirt wird. (Vielleicht dass das läderte unterhalb der Fraktur gelegene Muskelsegment nicht zur Thätigkeit gelangt). Tritt in einer solchen Stellung Heilung ein, so resultirt zunächst eine Pronationsstörung, weil der obere Teil des Vorderarmes seine pronatorische Exeursion bereits beendet hat, wenn der untere von seinem Ziele noch entfernt ist.

Belege für diese Vorkommnisse sind wir an eigenen Beobachtungen zu schildern in der Lage.

Fall 63. J. S., fractura male sanata radii et ulnae dextr. 8 cm. oberhalb des proc. styloideus bemerkt man eine Winkelstellung an

Vorderarm, welche mit der Spitze ulnar- und ein wenig dorsalwärts sieht. Der winkligen Stellung entspricht eine convexe Ausbiegung an der ulnaren und dorsalen Seite des Vorderarmes. Die Ulnafragmente sind ad latus nicht wesentlich von einander abgewichen, indem sich, wie die von Prof. Koch ausgeführte Operation nachträglich zeigte, das untere etwas radialwärts vom oberen eingestellt hatte. Das periphere Radiusfragment ist gegen das obere dorsal- und radialwärts verschoben, so dass dasselbe in der Richtung nach aussen und dorsal- das obere volarwärts und nach innen, also gegen die Ulna sah. Es steht in Folge dessen die Hand in Supination, die obere Hälfte des Vorderarmes in Pronation. Aus dieser Stellung resultirten folgende Functionsstörungen. Pronation in einem $\frac{1}{2}$ Rechten, Supination in 25° möglich.

Der Supinationsdefect erklärt sich durch die Pronationsstellung des oberen Radiusfragmentes gegenüber dem unteren. Die Hemmung der Pronationsbewegung der Hand kam deswegen zu Stande, weil der obere Teil des Vorderarmes zu früh mit der ihm zukommenden Pronationsbewegung fertig wurde.

Ein weiter von uns beobachteter Fall zeigte Folgendes:

Fall 64. Natalie S. Vor zwei Monaten acquirirte Patientin eine Radiustraktur am unteren Ende, welche ohne ärztliche Behandlung blieb. Der rechte Vorderarm zeigt die für die Colles'sche Fraktur typische Difformität mit dorsaler Verschiebung des peripheren Radiusfragments und leichter Radialflexion der Hand. Das obere Radiusfragment und somit der Vorderarm stehen im Semipronationsstellung, die Hand dem oberen Teil gegenüber in Supinationsstellung. Die Pronation lässt sich bis auf 40° ausführen. Die Supination ist bis auf ca. 90° möglich.

Erwägt man die Häufigkeit der Colles'schen Fraktur sowie das Andere, dass eine ideale Adaption der Bruchflächen bei ihr nicht zu erreichen ist, dass im Gegenteil gewöhnlich zwischen den Bruchflächen eine nicht unbedeutliche Calluslage sich einschleibt so ist klar, dass die Pronationsstellung des unteren Fragments in nuce in jedem Fall Colles'scher Fraktur, in ausgesprochener Weise bei den nicht adaptirten Formen, desselben beobachtet werden muss, woraufhin wir weiter schliessen, dass gerade dieses in unserer Klinik gefundene Drehungshindernis zu den häufigsten aller überhaupt vorkommenden gehören muss.

B. Pseudarthrose des Vorderarmes als Drehungshindernis.

Alle bis hierher von uns beschriebenen Drehungshindernisse rechneten mit einer Consolidation der jeweiligen Fraktur, wobei die Eigenartigkeit der Vereinigung der Fragmente zum Hindernis wurde. Diesem gegenüber steht als Schluss der oscogenen Hindernisse der Fall, dass Consolidation ausgeblieben ist, die Pseudarthrose. Diese ist eine keineswegs sehr häufige Erscheinung. Gurlt (S. 596) findet unter einer Summe von 478 Pseudarthrosen den Vorderarm 50 Mal betroffen; von diesen kommen 10 auf die Ulna, 17 auf den Radius und der Rest auf die beiden Vorderarmknochen. Bruns (S. 539) fand unter 1274 Pseudarthrosen 152 des Vorderarmes. Von diesen betrafen 36 die Ulna, 43 den Radius und 73 beide Vorderarmknochen. Das Zurücktreten der Ulna ist daraus deutlich zu ersehen. Wie es sich im Allgemeinen mit den functionellen Resultaten verhält, darüber ist wenig bekannt, wenn es auch nicht an Beschreibungen von Curiositäten fehlt, bei denen Pseudarthrose beider Knochen die Functionen und die Gebrauchsfähigkeit des Vorderarmes nicht zu stören vermochte. So beobachtete, wie Gurlt mitteilt (S. 632), Syme Pseudarthrosen des Ober- und Vorderarmes mit kaum einer Unbequemlichkeit für den Patienten, wenn ein Querbruch vorhanden war und die Muskeln sich gleichmässig balancirten, so dass, obgleich das Gelenk im ruhigen Zustande in dem falschen Gelenke biegsam war, es doch jede Action, die verlangt wurde ausführen konnte. Ob hierbei auch Pro- und Supination gemeint wurde, möchten wir bezweifeln. Solche Fälle sind gewiss nur als Laune des Zufalls anzusehen. Wir glauben annehmen zu dürfen, dass eine bleibende Continuitätstrennung des Radius oder der Ulna oder vollends gar beider Knochen die Rotationsbewegungen eher hindernd beeinflussen muss, als Biegung und

Streckung des Vorderarmes, weil die rotatorischen Muskeln die Macht über den zu rotirenden Knochen als Ganzes verlieren, wenngleich sie das einzelne Fragment rotatorisch zu beeinflussen vermögen. Es muss ein Verhalten wie bei der frischen Fraktur in Frage kommen — natürlich unter Abzug derjenigen Rolle, welche Schmerzhaftigkeit hierbei spielt.

Ein Mittelding zwischen den Pseudarthrosen ohne Functionstörung und den Pseudarthrosen mit einer vollkommenen Aufhebung der Rotation würde der folgende Fall sein.

Fall 65. (*Brit. Med. Journal*, 1881, S. 919. King's College Hosp.). Case III. compound and comminuted fracture of the left forearm the bones were ununited therefore operated, the ends sulted together. The radius united, but not so the ulna, a false joint remaining on January 4. 1881 the bones of the left forearm are united only by fibrous tissue; pronation and supination are limited.

Es war also eine wenn auch beschränkte Rotationsmöglichkeit vorhanden. Dazu mag die angedeutete fibröse Verwachsung der Fragmente beigetragen haben.

Gehen wir zu den Fällen mit Aufhebung der Rotationsbewegungen über, so führen wir ein Beispiel aus unserer Beobachtungsreihe an.

Fall 66. Fr. T. 56 a n., zog sich, indem sie 5 Wochen vorher zwischen die Räder einer Maschine geriet, eine Fraktur des Radius in dessen unterem Drittel zu. Die in Pronation fixirte Fraktur, heilte nicht knöchern zusammen. Beide Radiusfragmente stehen in Pronationsstellung. Passive Rotationsbewegungen sind möglich, dabei verspürt man Crepitation. Active Supination ist unmöglich.

Den vielen in der Litteratur vorhandenen casuistischen Mittheilungen von Pseudarthrosen entnehmen wir nur die folgenden wenigen, weil wir bei denselben, wenn überhaupt, so nur die allgemeine Angabe finden, dass die Functionen am Vorderarm gestört waren.

Amundale (S. 38). Fall 67. Complicated fracture of both bones of the forearm . . . 3 month's after the accident a large piece of bone (of the ulna) was removed, 3 weeks after this the bones not yet united. Examination: both bones were movable at the junction of their middle and lower thirds, but the radius less so than the ulna. The ulna was not only quite ununited but was deficient for about an inch at the seat of the fracture (necrosis) . . . The fractured ends of the ulna were dis-

placed forwards and adherent, to the radius. Pronation and supination could not be performed, the arm weak and useless. . . . Jucision. . . it was found, the fractured ends of the ulna were rounded off and that atrophied . . . united to one another and to the radius by a strong fibrous texture. The ends were also displaced inwards and there was fully an interval of an inch between them owing to the deficiency of the bone. (Fig. 34).

Wir geben auch noch die folgenden 3 Fälle in Text und Abbildung wieder, Letzteres namentlich, um die fehlenden Angaben über die Funktionsbefunde zu ergänzen; ein Blick auf die Abbildungen lässt mehr als berechtigte Zweifel über ein Rotationsvermögen an den betroffenen Teilen aufkommen.

Fall 68. **Gurlt.** (S. 591; Fig. 157) Mus. der Universität zu Edinburgh № 66. Pseudarthrose des rechten Vorderarmes (Dorsalansicht). . . Die Pseudarthrose befindet sich in der Mitte des Vorderarmes; die Ulna ist etwas weiter unten gebrochen, als der Radius. Die 2 oberen Fragmente finden sich über die unteren etwas nach unten verschoben und ist eine leicht winklige Dislocation derselben an der Bruchstelle mit der Convexität nach der Dorsalfäche vorhanden. Die Bruchflächen zeigen (in dem macerirten Zustande des Präparates) nur geringe Spuren von Knochenneubildung und scheinen in frischem Zustande nach Art eines Gelenkkopfes und einer Gelenkhöhle mit einander in Verbindung gestanden zu haben (Fig. 35.)

Fall. 69. **Allen Duke** (S. 805), an ununited fracture of the both bones, of eighteen month's standing . . . the time of his admission there was a great enlargement of the upper end of the radius, and no ossific union and from the arm having so long remained in the prone position, the end of the lower portion of the radius was thrown forwards, overlapping the upper to the extent of about an inch and a half. (Fig. 36, 37)

Fall 70. **Helferich.** (Tafel 38, Fig. 2) der Radius ist schon knöchern fest geheilt die Ulna aber beweglich, im Zustande einer Pseudarthrose, beide in gleicher Winkelstellung (Fig. 38).

Mit diesem Fall schliessen wir diese Gruppe von Rotationshindernissen. Wir sind überzeugt, dass unter den 50 Gurlt'schen, resp. den 152 Bruns'schen Fällen sich gar mancher Fall, wenn nicht der grösste Teil als Rotationshindernis oder -beschränkung herausstellen müsste.

II. Weichteilveränderungen als Drehungs- hindernisse.

Diese treten hinter der Gruppe der osteogenen Hindernisse bedeutend zurück. In Frage kommt nur der motorische Apparat d. h. Veränderungen am musculären und ligamentären Teil, wie dieselben sich in Anschluss an Vorderarmfrakturen entwickeln können.

Zunächst der ligamentäre Apparat. Soweit sich derselbe um die Vorderarmgelenke localisirt, gehen seine Schicksale Hand in Hand mit den Läsionen dieser letzteren, und sind sie wohl schwerlich im Stande bei sonst intaktem Gelenk primär dessen Excursionen zu beeinflussen.

Das zwischen den Diaphysen ausgespannte ligamentum interosseum ist in dieser Beziehung noch Discussionsobject. Dasselbe kann, wenn überhaupt, so aus naheliegenden Gründen, nur die Supination beeinträchtigen. Diese verlangt eine Entfaltung resp. Dehnung desselben, während die Pronation mit Faltung resp. Retraktion desselben einhergeht. Als secundäres Moment ist uns das ligamentum interosseum bereits in Sachen des Volkmann'schen Drehungshindernisses entgegen getreten, bei welchem es die Dislocation unterstützte. Absolut reine Fälle, in welchen das veränderte lig. interosseum primäres Hindernis sein könnte, kommen nach flüchtigen Angaben der Autoren, wenn auch selten, vor. Massgebend für die Entstehung des Supinationshindernisses ist die Verkürzung des ligamentum interosseum in seiner queren Richtung. Eine solche kann physiologisch und pathologisch entstehen. Die erste Form beruht

auf der Tendenz aller fibrösen Gewebe sich zu retrahiren, wenn dieselben dauernd entspannt sind, in unserem Falle bei dauernder Pronationsstellung des Vorderarmes. Dieser von vielen Seiten vertretenen Anschauung tritt Lauenstein entgegen, indem er behauptet, dass ein intaktes Ligamentum interosseum sich selbst nach 3-4 wöchentlicher Pronationsstellung vollkommen entfalte. Liegt eine Läsion des Zwischenknochenbandes vor, so liegt in der nunmehr eintretenden Vernarbung ein Faktor, der eine Verkürzung in querer Richtung hervorruft; oder ist dasselbe durch Verknöcherung des Ligamentes (Tillmanns, S. 552) oder das sich Hineinschieben von Callusmassen in sein Gewebe (Bardenheuer, S. 215) in seiner Entfaltbarkeit beeinträchtigt.

Genauere Studien hat Ramonat dieser Frage zugewandt, indem er diejenigen Faktoren analysirte welche eine Retraktion des lig. inteross. bewirken. Als solche spricht er die muskuläre Dislocation der Fragmente nach dem Zwischenknochenraum und die Immobilisirung des Vorderarmes in Semipronation an. Nach Leichenversuchen, die er angestellt hat, faltet sich das Ligament bei der Pronation. Wird es in einer solchen Stellung fixirt, dann retrahirt es sich nach dem Schema des fibrösen Gewebes in seiner Faserichtung in querer, des Genaueren in schräg von aussen oben nach innen unten verlaufender Richtung und wird zum Supinationshindernis. Der folgende Fall giebt den Beweis.

Fall 71. *Fracture ancienne de 60 jours, de l'humerus droit au tiers moyen, consolidée régulièrement. Le membre supérieur avait été placé et maintenue 40 jours dans un appareil l'avant-bras en demi-pronation. L'épaule le coude, les poignets, les doigts en partie ankylosés. On pouvait facilement exécuter le mouvements de pronation; impossible — la supination. Evidemment — la perte de supination est mise sur le compte du retrait de la membrane interosseuse résultant de l'immobilisation de l'avant-bras.*

Die Radio-ulnargelenke sind nicht ankylosirt gewesen, dafür ist nach dem Autor die Möglichkeit der Pronationsbewegung beweisend.

Ramonat schliesst aus seinen Untersuchungen, dass Retraktion des lig. inteross. zum Supinationshindernis, wäh-

rend Verengung des Zwischenknochenraumes durch Callus, resp. unregelmässig verheilte Fragmente zum Pronationshindernis wird. Beides hat seine Berechtigung, doch kann der zweiten Gruppe nach unseren früheren Auseinandersetzungen eine grössere Rolle zugesprochen werden — sie kann auch Supinationshindernisse erzeugen.

Die Begünstigung der Retraktion des Zwischenknochenbandes durch Dislocation von Fragmenten nach dem Zwischenknochenraum illustriert ein von Malgaigne (Atlas Pl. IX. Fig. 5) beschriebenes Präparat. Es handelte sich um eine Schrägfraktur des Radius im unteren Drittel. Das Spatium interosseum war im unteren Teile des Vorderarmes verschwunden im oberen intact. Der proc. styloideus war stark nach oben gestiegen, das untere Radiusfragment nach dem spatium interosseum stark dislocirt, so dass sein oberes Ende an die Ulna stiess, mit dem es durch fibröses Gewebe verbunden war. Dieses letztere ist als Schrumpfungproduct des ligamentum interosseum an der Frakturstelle zu betrachten.

Die Muskelweichteile sind uns schon gelegentlich der osteogenen Hindernisse als adjuvans begegnet, indem sie sich zwischen den difformen Knochehten interponirten also passiv mithalfen. In anderer Weise könnte man die pronatorischen Muskeln als Supinationshindernisse verantwortlich machen, wenn sie nach längerer Pronationsstellung des Vorderarmskeletts secundär schrumpfen, wie jeder andere Muskel dessen beide Ansatzpunkte dauernd einander genähert werden.

Zum Schluss sei noch einer Reihe von Fällen Erwähnung gethan, die wir in der Litteratur als Drehungshindernisse beschrieben gefunden haben; die allzu kurzen Angaben über die näheren Details der Difformitäten erlauben jedoch keine Bestimmung der Art des Hindernisses. Sie bleiben deshalb unregistrirbar.

Fall 72. Stetter. Fraktur der Ulna in der Mitte . . . Beschränkung der Pro- und Supination.

Fall 73. **Hamilton.** (S. 270). Fracture of the neck of the radius fifteen months after . . . in front, opposite the neck of the radius there was at this time a bony projection, which I believed to be the point of the fracture. The hand was forcibly pronated

Fall 74 **ibidem.** Fracture of the neck of the radius . . . ten weeks after the injury . . . the forearm bent to a right angle with the arm and ankylosed at the elbow joint. The hand was forcibly pronated and could not be supinated. In front opposite the neck of the radius there was a distinct bony projection, which I believed to be the point of union of the bony fragment. The external condyle seemed also to be broken.

Fall 75 **ibidem** die gleiche Fraktur, six months after the accident. The upper end of the lower fragment seemed to be displaced forwards. There was very little motion at the elbow joint and both pronation and supination were completely lost.

Die beiden ersten Fälle von Hamilton tragen den gleichen Charakter. Winkelbildung gegen die ventrale Seite, Pronationsstellung des unteren Fragmentes. Die erstere ist der Bicepswirkung zuzuschreiben. Es handelt sich um ein primäres Supinationshindernis in beiden Fällen und lässt sich annehmen, dass daran die Pronationsstellung des unteren Fragments gegenüber der Supinationsstellung des Radiusköpfchens schuld ist. Also ein Benno-Schmidt'scher Typus?

Fall 76. **Bichat.** (S. 25). Fraktur des oberen Radiusendes. Vorderarm . . . beständig in Pronation und konnte durch keine Kraft zur Supination gebracht werden.

Fall 77 **ibidem** Fraktur des oberen Radiusendes Pronation und Supination unmöglich.

Fall. 78. **Werner** (S. 132. Fall. 25.) fractura extremitatis inferioris radii utriusque . . . durch einen Fall wobei die beiden vorgestreckten Handballen zuerst den Boden erreichten an beiden Armen entsprechend dem unteren Ende des Radius . . . leise Crepitation deutlicher links als rechts; abnorme Beweglichkeit deutlich. Vorragung (namentlich rechts) des oberen Endes des unteren Fragments nach der Volarfläche . . . 1 Monat später . . . Consolidation ohne Difformität erfolgt; active Pronation und Supination noch etwas beschränkt und schmerzhaft.

Fall. 79. **Werner** (l. c. S. 131. Fall 21) fractura extr. inf. radii sin., entstanden durch einen Fall mit der linken Hand auf einen Stein . . . man fühlt (am unteren Gelenkende des Radius) auf der Streckfläche des Vorderarmes das obere Ende des unteren und auf der Beugefläche das untere Ende des oberen Fragments; abnorme Beweglichkeit und Crepitation fehlen; Pronations- und Supinationsbewegungen sind in geringem Grade möglich.

Jahresbericht v. Kathar-Hosp. 1878, 1871.

Fall 80. Mann, 37 Jahr . . . schiefe Bruchlinie (am carpalen Radiusende) keine Beweglichkeit der Bruchstücke. . . . Nach 4 Wochen mit nahezu vollständiger Supination entlassen.“

Ibidem

Fall 81. W. 64 J. alt, fällt auf die vorgestreckte rechte Hand; schiefe Bruchlinie; . . . sehr beschränkte Beweglichkeit, besonders Supination behindert.“

Fall 82. **Werner.** (Fall 27) *fractura extr. infer. radii et fractura ulnae incompleta lateris sin.* Oberhalb des Handgelenkes eine starke Knickung, die Concavität an der Radialseite, eine starke Erhabenheit auf der Streckfläche des Vorderarmes, die mit einem deutlichen scharfen Ansatz endigt (oberes Ende des unteren Radiusfragmentes). An derselben Stelle abnorme Beweglichkeit, aber keine Crepitation; an der Ulna entdeckt man in dergleichen Höhe eine Knickung, mit der Spitze des Winkels nach aussen und unten Nach ca 3 Monaten die Pronation des Vorderarmes konnte vollständig die Supination bloss bis zur Hälfte ausgeführt werden.

Geben wir das Resumé unserer Untersuchungen in Zahlen so fanden wir unter 82 Paradigmen von Hindernissen

osteogene Hindernisse	81 mal
Weichteilveränderungen als Hindernis	1 „
	<hr/>
	82 mal

Von den 81 osteogenen Hindernissen verzeichnen wir

Eigene Beobachtungen	16
Casuistische Mitteilungen	65
	<hr/>
	81

Nach den einzelnen Hindernisformen verteilten sich die 82 Fälle folgendermassen:

Knöcherne Verwachsung zwischen Radius und Ulna	20
Seitliche Gelenkbildung	5
Seitliche Knochenzapfen, Callusmassen	10
Voluminöser Callus mit Dislocation der Bruchstücke	6
Regellose Dislocation der Fragmente	9
Volkman's Hindernis	3
B. Schmidt's Hindernis	9
Umkehrung des B. Schmidt'schen Prinzipes	2
Pseudarthrose	6

Weichteilhindernis	1
Unregistrierbar	11
	<hr/>
	82

Die 81 osteogenen Hindernisse verteilten sich auf die Vorderarmknochen in folgender Weise

Radius und Ulna waren gebrochen 33 Mal.

capitulum radii und proc. coronoideus	1
im oberen Drittel	2
„ mittleren „	10
„ unteren „	14
keine Angabe über den Sitz der Fraktur	6
	<hr/>
	33

Der Radius allein gebrochen 37 Mal

capitulum radii	2
im oberen	6
„ mittleren	4
„ unteren Drittel	21
keine Angabe über den Sitz der Fraktur	4
	<hr/>
	37

Die Ulna allein gebrochen 11 Mal

proc. coronoideus	1
im oberen Drittel	—
„ mittleren „	6
„ unteren „	3
keine Angabe über den Sitz der Fraktur	1
	<hr/>
	11

Was die Art der primären Funktionsstörung betrifft, so waren in den 82 Fällen:

Pronation und Supination:

aufgehoben	29 Mal
beschränkt	16 „

Supination:

aufgehoben	9 „
beschränkt	20 „

Pronation:

aufgehoben . . .	2	„
beschränkt . . .	6	„
	<hr/>	
	82 Mal	

Die angeführten Zahlen in Behauptungen über die Häufigkeit des einzelnen Vorkommnisses zu übersetzen halten wir uns bei der noch geringen Anzahl von Fällen nicht für berechtigt.

Nachtrag.

Als 17. Fall unserer Beobachtungsreihe sei der folgende während der Drucklegung von uns beobachtete noch angeführt:

N. A. 41. a. n. hat sich vor 6 Wochen durch Fall auf die vola den rechten Radius loco classico gebrochen, die Heilung ist unter Beibehaltung der typischen Difformität vor sich gegangen. Das obere Bruchstück ist sehr stark gegen die vola antibrachii abgewichen und bildet einen deutlich sichtbaren Vorsprung unter der Hand. Das untere Fragment ist dorsalwärts und ulnarwärts abgewichen. Supination ist bis auf 20°, Pronation bis auf fast ebensoviel möglich. Es besteht kaum merkliche Callusproduction, die Bruchenden erscheinen miteinander verklebt und abgerundet.

Diese Beobachtung wäre in die Gruppe der reinen Dislocationshindernisse exogener Natur einzureihen. Der statistische Teil berücksichtigt diesen Fall nicht mehr.

Litteraturverzeichnis.

- Allen Ducke. Lancet 1878.
- Anger. Traité iconographique des maladies chirurgicales. Paris 1865.
- Annandale. „Ununited fracture of the forearm with deficiency of the ulna treated successfully by excision and the wire suture“. Brit. Med. J. 1876. I.
- Bardleben. Lehrb. der Chirurgie und Operationslehre. Berlin 1860. B. II.
- Bardenheuer. „Die Verletzungen der oberen Extremitäten“. II Th. Stuttgart 1888.
- Bichat. Desaults Chirurg. Nachlass. B. II. Göttingen 1800.
- Bidart. Journal de Chirurgie 1845 cit. nach Streubel. C. C. Schmidt's Jahrb. d. Med. 1846.
- Braune u. Flügel. „Ueber Pronation und Supination des menschlichen Vorderarmes“ His.-Braune'sches Archiv 1862.
- Bruno. Die Lehre von den Knochenbrüchen. Stuttgart 1866.
- Bruno. „Die Fractur des Radiusköpcheus“. Centralbl. für Chir. 1890. Nr. 22.
- Bryant. The practise of surgery. London 1872.
- Callender. „Fractures interfering with the loss of movement of pronation and supination“. St. Bartholomew's Hosp. Rep. B. I. 1865.
- Chassaignac. Gazette des Hopitaux. 1843.
- Dupuytren. Leçons orales de clinique chirurgicale. T. IV. Paris 1884.
- Flesch. „Seitliche Gelenkbildung zwischen den Vorderarmknochen nach Fraktur der Ulna“. Deutsche Zeitschrift für Chir. 1876.
- Francke. C. C. Schmidt's Jahrb. d. Med. 1835.
- Gurlt. Handb. der Lehre von den Knochenbrüchen. Berlin 1862.
- Hamilton. Practical treatise of fractures and dislocations. Philadelphia 1871.
- Heiberg. „Ueber die Drehungen der Hand“. Wien 1884.
- Helferich. Atlas und Grundriss der traumatischen Frakturen und Luxationen. München 1896.
- Henle. Centralbl. für Chir. 1896 Nr. 19.
- Heymann. „Deformbildung und Erwerbsuntfähigkeit“. Deutsche Zeitschr. für Chirurgie. B. 41.
- Hill. Lancet. 1872.
- Hoffa. Lehrb. der Frakturen und Luxationen. Würzburg 1891.
- Hyrtl. Lehrb. der Anatomie des Menschen. 1892. B. I.
- „Jahresbericht des Katharinenhosp. 1878 79“. Med. Correspondenzbl. des Würtemb. Aerztereins. B. 51. 1881.

- König. Lehrb. der speziellen Chirurgie. B. III.
- Lannelongue. „Considérations sur la fracture de la partie moyenne du radius“. Gaz. des. Hopitaux 1866.
- Lauenstein. „Zur Behandlung nach carpaler Vorderarmfraktur zurückgebliebener Störung der Pronations- und Supinationsbewegung“. Centralbl. für Chir. 1887. Nr. 23.
- Lecomte. „Essai de physiologie mécanique du mouvement de rotation de la main“. Archives générales de Méd août 1874.
- Lecomte. „Le coude et la rotation de la main“. Ibidem 1877.
- Lesser. „Zur Behandlung fehlerhaft geheilter Frakturen der carpalen Radiussephyse“. Centralbl. für Chir. 1887. Nr. 15.
- Lotzbeck. „Zur Casuistik der Frakturen des proc. coronoides ulnae“. Ref. im Centralbl. für Med. Wissenschaften 1866.
- Malgaigne. Traité des fractures et des luxations. Paris 1849.
- Malgaigne. Atlas. Paris 1846.
- Margary. „Resection der ulna wegen schlecht geheilter Fraktur“. Wiener Med. Wochenschrift 1886. Nr. 43
- Meyer. „Einige Worte über Beugung und Streckung. Supination und Pronation“. Archiv v. Reichert und Du Bois-Reymond. 1866.
- Pitha. „Krankheiten der Extremitäten“. Handb. der Allgem. und spez. Chirurgie v. Pitha-Billroth. Erlangen 1869.
- Ramonat. De l'influence du retrait de la membrane interosseuse sur la perte des mouvements de supination dans les fractures de l'avant bras. Arch.-Gén. de Méd. 1881. II.
- Rauber. Lehrb. der Anatomie des Menschen 1892 B. I.
- Roser. Handb. der Anatom. Chirurgie. Tübingen 1864.
- Schmidt. „Über ein Supinationshindernis nach Heilung von Vorderarmfrakturen“. Archiv der Heilkunde v. Wagner. Leipzig 1866.
- Зерновъ. Руководство описательной анатомии человека. 1889.
- Tillmanns. Lehrb. der Speziellen Chirurgie. Leipzig 1892.
- Vogt. „Behandlung der Frakturen und Luxationen des Radiusköpchens“. Mittheilungen aus der Chirurg. Klinik in Greifswald. Wien und Leipzig 1884.
- Volkman, „Über den Verlust der Pro- und Supinationsbewegungen nach Brüchen am Vorderarm“. Neue Beiträge zur Therapie und Pathologie d. Krankh. d. Bewegungsorgane. Berlin 1868. Heft I.
- Wainwright. „A case of vertical fracture of the head of the radius complicated by fracture of the coronoid process of the ulna and possibly a split between the condyles of the humerus“. Transactions of the clinical society of London 1887. T. XX.
- Weber. Practische Bemerkungen über Knochenbrüche nebst einer Uebersicht über die in der Chir. Kl. zu Bonn 1819—1857 behandelten Fracturen. Berlin 1859.
- Welcker. „Ueber Pronation und Supination des Vorderarmes“. Arch v. Reichert und Du Bois-Reymond. 1875.
- Werner. Bericht über die in der Zeit v. 1. Juli 1855 — 3. März 1857 an d. v. Bruns'schen Kl. zu Tübingen zur Behandl. gek. Frakturen. Med. Correspondenzbl. d. Württemberg. ärztl. Vereins 1859. B. 29.
- Yonug. Laucet. 1891. I.

Thesen.

1. Wenn primäre Asphyxie in der Narkose eintritt, liegt ein Kunstfehler seitens des Chloroformators vor.
 2. Vorzüge der Tropfenarkose sind neben einer geregelten mässigen Chloroformzufuhr: Herabsetzung der Trigemiusreflexe und die Möglichkeit den Narkotisirten in kürzester Zeit aufwachen zu lassen.
 3. Der umwickelte Zeigefinger, resp. Daumen und Zeigefinger ersetzen die verletzende Zungenzange.
 4. In der Wundbehandlung haben Antiseptica ihre Berechtigung nur dort, wo sie in Gestalt von Depôts angebracht werden können — bei vorübergehenden Eingriffen, wie Ausspülungen leisten antiseptische und indifferente Lösungen das Gleiche.
 5. Es ist eine falsche Ansicht, dass mit den Fortschritten der Asepsis die operative Technik leichter in's Gewicht falle.
 6. Die Fähigkeit des sich Orientirens im blutenden Gewebe ist ebensowohl Sache der persönlichen Erfahrung, als die topographisch-anatomischer Studien.
-

