

Aus der neurochirurgischen Abteilung der Universität Freiburg i. Br.  
(Prof. Dr. T. RIECHERT).

## Über die Molekularschicht (Lam. I) des Cortex und ihr Verhältnis zu den Zellschichten.

Von  
**REINHARD FRIEDE.**

Mit 2 Textabbildungen.

(Eingegangen am 29. Oktober 1954.)

Das Stratum molekulare, die Lamina I des Cortex ist, vom morphologischen Standpunkt aus gesehen, die „unergiebigste“ Schicht der Hirnrinde. Während die Zellschichten im normalen und pathologischen Zustand die Aufmerksamkeit auf sich lenken, scheint die Molekularschicht in der Geringfügigkeit ihrer Veränderungen, ja ihrer Anspruchlosigkeit von geringerer Bedeutung zu sein. So ist ihr auch nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Im Zellbild sehen wir sie vorwiegend aus gliösem Gewebe aufgebaut, in welchem die Astrocyten vorherrschen. Ein dichter Faserfilz wird nur gegen die Pia hin gebildet, während der Gehalt an Fasern gegen die Lamina II hin rasch abnimmt. Die HELDSche Membrana superficialis gliae grenzt die Schicht gegen die Pia hin morphologisch ab, bildet jedoch, wie die Untersuchungen von LEONHARD zeigen, funktionell keine starre Schranke, indem sich von hier plasmatische Brücken zur Pia schlagen können. Myeloarchitektonisch ist die Schicht nicht undifferenziert, wie die Gliederung in ein bi-, tri- und quadrizonales Verhalten nach VOGT zeigt. An nervösen Elementen fallen zunächst nur die CAJALSchen Horizontalzellen ins Auge, jedoch enthält die Schicht in Form von Dendriten reichlich nervöse Bestandteile, da nach CAJAL die Pyramidenzellen ihre Spitzendendriten in die Molekularschicht entsenden, wo sie eine reichliche Verzweigung erfahren.

Auffallend ist die sehr verschiedene Dicke der Schicht im Verlauf des Windungsbaues, indem sie regelmäßig im Windungstal ihren größten Durchmesser aufweist. Offenbar war NISSL der erste Untersucher, der sich mit der Frage nach der Entstehung bzw. Bedeutung dieses Verhaltens auseinandergesetzt hat. Er beschreibt, daß die Molekularschicht (Rindendach) gesetzmäßig an der Kuppe am schmalsten und in der Furche um ein Vielfaches breiter sei, entgegengesetzt zu der Gesamtindendicke, die ebenso gesetzmäßig gegen das Tal hin abnimmt. Aus diesem durchaus gesetzmäßigen Verhalten gehe hervor, „daß die Windungsbildung hauptsächlich durch eine von außen nach innen wirkende Kraft (Gefäße?)

bedingt sei“. Das Rindendach wird als physiologisch niedrigster Rinden- teil aufgefaßt. Später haben sich v. ECONOMO und KOSKINAS bei ihren cytoarchitektonischen Studien mit dieser Frage befaßt.

Nach v. ECONOMO und KOSKINAS nimmt die erste Schicht von der Kuppe gegen das Tal hin allmählich an Breite zu, obschon nicht sehr bedeutend, nur im Tal selbst ist die Zunahme eine recht auffallende und ziemlich plötzliche, manchmal sogar eine ungewöhnliche. Auch die zweite Schicht nimmt im Tal etwas zu, während sich die III. und IV. Schicht nur wenig ändern. Die V. und besonders VI. Schicht hingegen zeigen eine ungewöhnliche Breite an der Kuppe und sind im Tal äußerst schmal, saumförmig. Diese Änderung der Schichtdicke ist nach v. ECONOMO und KOSKINAS nicht etwa mechanisch durch die Krümmung der Windungsoberfläche bedingt, sondern hätte eine, dem Wesen der Schichten anhaftende besondere Bedeutung, die sicher ihr Korrelat in einer Differenz der physiologischen Funktion zwischen Kuppe, Wand und Tal habe. Dadurch werde jede Windung zu einem eigenen Organ und die Windungsarchitektonik gewinne eine besondere, noch nicht genauer bekannte Bedeutung.

Auch KRIEG hält die Unterschiede zwischen Kuppe und Tal für funktionell bedeutungsvoll, ohne indes auf Details einzugehen.

Im Rahmen der Frage nach der Entstehung der Windungsbildung nimmt BIELSCHOWSKY auch zu dieser Frage Stellung: die Windungen entstanden durch Emporwölbung des von den im Bereich der späteren Furchen gelegenen primären Keimzentren abgedrängten Zellmaterials, und zwar dort, wo dieses die stärkste Summation erfahre. Dies stimme damit überein, daß auch normalerweise die Rinde an der Kuppe am dicksten sei. Auf die Verhältnisse des Randschleiers wird nicht näher eingegangen.

Hingegen baut SCHAFFER seine Theorie der Windungsbildung gerade auf den Veränderungen im Bereich des Randschleiers auf. Die oberflächliche Körnerschicht des Randschleiers ist nach SCHAFFER der Ort der entscheidenden Veränderung. Zunächst verbreite sich der Randschleier an der Stelle der zukünftigen Furche, es entstehe eine lokale Vermehrung der superficiellen Körner, die sich dann gegen die Tiefe einkeilen, wobei schließlich die Furche durch Bildung eines Ritzes in der superficiellen Körnerschicht entsteht. Demgegenüber verlegt LANDAU die furchenbildende Kraft direkt in die „Zona lucida“, die zellarme Innenzone des Randschleiers.

Schon aus den Abbildungen SCHAFFERS kann man sehen, daß das, was die Bedeutung des Randschleiers für die Furchenbildung so hervorzuheben scheint, im Grunde bereits dieselben quantitativen Verschiebungen zwischen Randschleier und Zellschicht sind, wie sie grundsätzlich in gleicher Form auch im erwachsenen Zustand zwischen Molekülschicht und Zellschicht bestehen; nämlich eine Verbreiterung des Randschleiers und eine Verschmälerung der Zellschicht gegen das entstehende Windungstal hin. In welcher Richtung man auch die Befunde von SCHAFFER auswerten mag, ist ihr grundsätzliches Ergebnis unbestreitbar das, daß sich bereits im allerersten Anfang der Furchenbildung analoge quantitative Verschiebungen im Schichtverhältnis zeigen, wie sie noch im erwachsenen Zustand bestehen.

Diese Tatsache schließt aber eine rein mechanische Erklärung der Verschiebung praktisch aus; denn die Vorstellung, daß durch Biegung der Schichten einige gestaucht, andere gezerrt werden und dadurch Veränderungen der Dicke entstehen, findet keine Grundlage in den Vorgängen bei der Furchenentstehung. Im Gegenteil stellt schon RETZIUS fest, daß man betreffs des Hirnwachstumes offenbar den Begriff des mechanischen Faltens zu weit gedeckt hat. Das meiste hängt hier von den verschiedenen Wachstumsenergien der einzelnen Bezirke ab. Schon um die Zeit der Jahrhundertwende ist von der Überzahl der Autoren die mechanische Ent-

stehung der Windungsbildung aus histogenetischen Gründen verlassen, und neuerdings hat BARRON auch experimentell gezeigt, daß die Entstehung der Gyri und Sulci nicht auf einem mechanischen Mißverhältnis zwischen Schädel und Hirn, sondern auf primär im Cortex vorhandenen Kräften beruht.

Ist aber die Entstehung des Windungsbaues in inneren Ursachen zu suchen, so sicher auch die Schichtverteilung im Windungsbau. Die aus SCHAFFERS Befunden hervorgehende Tatsache, daß dem erwachsenen Hirn analoge Verschiebungen des Schichtverhältnisses bereits der erste morphologische Schritt der Windungsbildung sind, weist darauf hin, daß es sich hier offenbar um eine Erscheinung von grundlegender Bedeutung handelt.

Das kann man auch aus den Verhältnissen im Verlauf der Kleinhirnwindingen schließen: Hier finden sich bei der Körnerschicht ganz ähnliche Verschiebungen der Dicke zwischen Kuppe und Tal, obwohl einerseits mechanische Faktoren, wie etwa der Druck des Knochens, keine Rolle spielen können und andererseits auch die Genese der Schichten durch die Bedeutung der superficiellen Körnerschicht ganz anders „polarisiert“ ist (SCHAPER, BERLINER).

Es war naheliegend, sich die Frage zu stellen, inwieweit jene quantitativen Verschiebungen für die Erhaltung des normalen Schichtverhältnisses bedeutungsvoll sind. Würden nämlich die Schichten als durchwegs homogen ausgebildete Lagen durch das Windungsrelief ziehen, so würde auf der Kuppe die äußerste Schicht den größten Bogen beschreiben, die innerste den kleinsten; anders im Tal, wo die äußerste Schicht auf den kleinsten Bogen zusammengedrängt würde, während die innerste den größten Umfang beschreibt. Es müßte in diesem Falle also die äußerste Schicht auf der Kuppe einen viel größeren Raum einnehmen, als im Tal, wodurch starke Verschiebungen im gegenseitigen Schichtverhältnis entstehen würden. Die Erhaltung des normalen Schichtverhältnisses dürfte indes biologisch bedeutungsvoll sein. Diese Frage soll im folgenden an Hand quantitativer Erhebungen untersucht werden.

#### Material und Methodik.

Wir haben bei der Untersuchung tierisches Material verwendet, da hier, besonders beim Hund, wie schon NISSL beobachtete, die Molekularschicht ziemlich breit ist, das Hirn andererseits reichlich gyriert, so daß die Verschiebungen zwischen Kuppe und Tal besonders deutlich sind.

Zur Untersuchung kamen die Hirne von 3 Hunden und einer Katze, die nach den Vorschriften von v. ECONOMO und KOSKINAS zur Gänze aufgearbeitet wurden. Alle Tiere waren gesund und ließen histologisch keinerlei pathologische Veränderungen erkennen. Die Hirne wurden zunächst in Formol vorfixiert, dann unter Anfertigung von Skizzen zerlegt, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, die Windungen nur streng senkrecht zu ihrem Verlauf zu schneiden. Scheiben, die nicht auf beiden Seiten identische Bilder zeigten, wurden ausgeschlossen. Paraffineinbettung, Schnitte 10—15  $\mu$ , Thionin. Die Präparate wurden zum Teil photographiert, zum Teil mit dem Zeichenapparat auf dünnem Karton nachgezeichnet. Vergrößerung etwa 10fach. Dann wurden Molekular- und Zellschicht ausgeschnitten, in Abschnitte zerlegt, deren Begrenzung noch diskutiert werden wird und auf der analytischen

Waage abgewogen. Insgesamt kamen 486 Rindenabschnitte zur Untersuchung. Aus den gewonnenen Zahlen wurde das jeweilige Verhältnis zwischen Zellschicht und Molekularschicht ermittelt, wodurch quantitative Verschiebungen zwischen Kuppe und Wand leicht zu überblicken sind.

Für die Abgrenzung der Rindenabschnitte waren folgende Überlegungen maßgebend: Das gegenseitige Flächen- bzw. Größenverhältnis zweier, in ihrer Dicke festgelegter Schichten verschiebt sich um so mehr, je enger der Radius des Kreisbogens ist, den sie beschreiben; die maximale Verschiebung ist erreicht, wenn der Radius des innersten Kreisbogens gleich Null ist, sich also eine Wendung um einen Punkt um  $180^\circ$  vollzieht (vgl. Abb. 2). Vom Standpunkt des Schichtverhältnisses wären also Windungen mit möglichst großen Radien mit den geringsten Verschiebungen belastet. Solche sind jedoch wegen der dadurch entstehenden breiten Täler einerseits

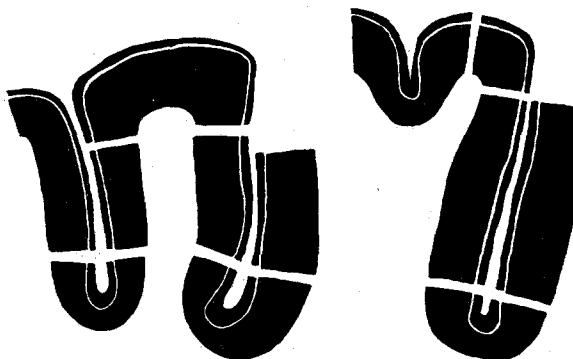


Abb. 1. Beispiele für die Aufteilung des Rindenkontinuums. 3 tiefe Furchen und eine „Einbuchtung“. Alle Furchen sind über 90% kompensiert. Erklärung im Text.

oder einer Einengung des Markkörpers andererseits unökonomisch. Dadurch wird im Tal, anders als auf den Kuppen, eine scharfe Wendung um  $180^\circ$  erforderlich; der Windungsbau bringt demnach im Tal eine maximale Verschiebung des Schichtverhältnisses mit sich. Wir haben daher das Hauptaugenmerk auf die Windungstäler gerichtet und dementsprechend die Zerlegung der Rindenabschnitte vorgenommen. Bei tiefen Furchen, deren Wände eine Strecke lang parallel und gerade verliefen, wurde das Tal, dort, wo seine Krümmung begann, von den geraden Seitenwänden und diese wieder von den Kuppen getrennt. Jeder Schnitt erfolgte senkrecht auf die Tangente des Abschnittes. Die Cortexteile wurden grundsätzlich länger gehalten, als die Rinde breit war. Meist waren sie mehr als doppelt so lang, um kleinere Schwankungen auszuschalten. Bei weniger tiefen Furchen war nur eine quere Abtrennung des Tales in der Mitte der Furchentiefe möglich. Kleinere Einsenkungen, bei denen die Tiefe der Furche das unterste Rindenniveau der benachbarten Abschnitte nicht oder nur wenig unterschreitet, werden durch zwei zur Rindenoberfläche senkrechte, parallele Schnitte aus dem restlichen Rindenniveau herausgetrennt (Abb. 1).

Da das Stratum molekulare bis auf wenige Regionen (temporal, cingular usw.) eine sehr gleichmäßige Dickenverteilung aufweist, wurde auf areale Differenzen vorerst nicht speziell geachtet. Auf einige Eigenheiten wird später eingegangen werden.

Die Auswertung des Materials kann in verschiedener Weise erfolgen: Man kann Zellschicht den Wert Molekularschicht bestimmen und angeben, um wieviel Prozent er sich bei der Krümmung gegenüber einem geraden Rindenstück verschiebt. Weitgehender

ist die folgende Berechnungsweise, die angewandt wurde: Man berechnet, wie groß die Verschiebung des Schichtverhältnisses bei der Krümmung sein würde, wenn die Schichten theoretisch gleich dick blieben und bestimmt, zu wieviel Prozent diese theoretische Verschiebung bei den tatsächlich ermittelten Werten ausgeglichen ist. Dies vollzieht sich so: Als Normalwert wird der Mittelwert des Schichtverhältnisses für die beiden, dem Tal benachbarten Rindenabschnitte bestimmt. Der theoretische Wert des Tales bei gleichbleibender Schichtdicke lässt sich dann leicht berechnen, da dann das Tal als Halbkreis aufgefaßt werden kann, in welchem gleich dick bleibende Schichten eine Wendung um einen Punkt um  $180^\circ$  vollziehen. Die Differenz zwischen dem so ermittelten theoretischen Wert und dem Normalwert der anschließenden Abschnitte ist die theoretische Verschiebung. Damit wird die tatsächlich ermittelte verglichen und bestimmt, zu wieviel Prozent die theoretische Verschiebung durch tatsächliche Änderungen der Schichtdicke zum Normalen ausgeglichen ist. Dieser Prozentsatz gibt also an, zu wieviel Prozent die bei der Annahme einer gleichbleibenden Schichtdicke erwartbare Verschiebung im Schichtverhältnis durch tatsächliche Veränderungen der Dicke der Schichten ausgeglichen wird.

Beispiel: Bei den beiden geraden Wandabschnitten einer tiefen Furche betragen die Verhältnisse zwischen Molekular- und Zellschicht  $1 : 5,5$  und  $1 : 5,6$ . Der Mittelwert beträgt  $1 : 5,55$ . Würde eine Schicht mit diesem Schichtverhältnis in einem Kreisbogen um einen Punkt um  $180^\circ$  wenden, so würde sich das Verhältnis der Schichten auf 42 verschieben, wie man durch Berechnung der Flächen des entsprechenden Halbkreises und Kreisringes und Division bestimmen kann. Gegenüber dem Normalverhältnis tritt also eine Verschiebung um 36,3 auf. Der tatsächlich für das Tal ermittelte Wert beträgt jedoch nur 6,3, das ist 0,75 gegenüber dem Normalwert verschoben. Es sind also von der theoretischen Verschiebung um 36,3 35,55 durch Änderung der Schichtdicken kompensiert, das ist 98%.

### Ergebnisse.

Bestimmt man nach dieser Methode den Grad der Kompensation der Windungstaler, so ergeben die arithmetischen Mittel für das Gesamtmaterial für die Katze eine Kompensation von 88%, für die Hunde eine von 89—89,5% und somit eine überraschend genaue Übereinstimmung der Ergebnisse. Da jedoch die Kompensation bei verschiedenen Furchenformen nicht gleichwertig zu sein schien, wurde eine Aufgliederung des Materials in tiefe Furchen, flache Furchen und Einbuchtungen vorgenommen.

Die Definition war dabei folgende: Tiefe Furchen: Zwischen Kuppe und Tal ein geradlinig begrenztes Wandstück, das etwa doppelt so lang als breit ist, oder länger. Einbuchtungen: Die Tiefe der Furchen überschreitet nicht oder nur wenig das unterste Niveau der umgebenden Rinde. Die flachen Furchen werden vom Rest der Furchen gestellt.

Die statistische Durcharbeitung ergab hier folgende Ergebnisse: Unter Anwendung des CHAUVENETSCHEN Kriteriums erwiesen sich die tiefen Furchen zu 92,6% kompensiert, wobei die mittlere Streuung 3,4 betrug. Ähnlich sind die Einbuchtungen zu 92,3% kompensiert bei einem  $\sigma$  von 6,2. Ganz aus dem Rahmen hingegen fallen die flachen Furchen mit einer Kompensation von nur 80,6% und der beträchtlichen mittleren Streuung von 13,4.

Es scheint sehr unwahrscheinlich, daß die flachen Furchen, die morphologisch den tiefen ähnlicher sind, als die ganz anders gebauten Einbuchtungen, ein so deutlich anderes Kompensationsverhältnis zeigen sollten, zumal die Übereinstimmung zwischen tiefen Furchen und Einbuchtungen so überraschend genau ist. Die Deutung des besonderen Verhaltens scheint in der Schwierigkeit zu suchen, bei einer flachen Furche, in deren Verlauf sich keine geradlinigen Abschnitte finden, die Schnittstelle festzulegen. Bei den Einbuchtungen entstand diese Schwierigkeit durch die oben beschriebene Schnittführung nicht. Da wir aber immer senkrecht zur Tangente geschnitten haben, kann man vielleicht das besondere Verhalten der flachen Furchen so verstehen, daß bei nicht eben verlaufenden Wandabschnitten nicht unbedingt senkrecht übereinander stehende Abschnitte als homolog betrachtet werden müssen. (Dem könnte entsprechen, daß auch die Zellachsen der tiefsten Laminae im Tal nicht genau radiär gerichtet sind.)

Die Sonderstellung der flachen Furchen hatte zunächst auch den irreführenden Eindruck erzeugt, als sei das sehr dicke Stratum molekulare der Temporalregion besonders schlecht kompensiert, da hier in der Regel ziemlich flache Furchen vorkommen. Wählt man indes Schnitte mit leichter abzutrennenden tiefen Furchen aus, so ergibt sich eine durchschnittliche Kompensation.

Man darf also im allgemeinen die Kompensation der Furchen in den übereinstimmenden Werten für die tiefen Furchen und die Buchten mit 92% richtiger angegeben finden. Doch dürfte auch dieser Wert eher etwas zu tief sein, da nicht in allen Fällen die Tiefe des Tales mit geradlinig begrenzten Rindenabschnitten verglichen werden konnte, sondern auch gewölbte Nachbarabschnitte einzbezogen werden mußten. Gegenüber diesen müssen aber die Verschiebungen noch größer sein.

Aus den Befunden von v. ECONOMO und KOSKINAS läßt sich bereits entnehmen, daß auch die restlichen Laminae analoge Verschiebungen mitmachen; so verhält sich die Lamina II grundsätzlich ähnlich der Lamina I. Dem Thema der Untersuchung entsprechend haben wir uns hier auf die Molekularschicht beschränkt.

Gegenüber dem Tal stößt eine Errechnung der Kompensation für die Kuppen auf die Schwierigkeit, den Radius einer Kuppe zu bestimmen. Diese Schwierigkeit bestand im Tal nicht, wo wir nur den inneren Radius gleich Null zu setzen brauchten. (Darauf, daß in der Tiefe des Tales die Oberflächen oft nicht einander anliegen, werden wir noch eingehen.) Da nicht Schätzungen in die Rechnung eingeführt werden sollten, wurde nur berechnet, um wieviel Prozent des Wertes des angrenzenden Wandabschnittes (es wurden hier nur geradlinig begrenzte verglichen) sich das Schichtverhältnis an der Kuppe verschoben hatte. Im Durchschnitt betrug der Wert für die Kuppe etwa 80% des Normalwertes, also eine Senkung um 20%, was eine entsprechende räumliche Bevorteilung der Molekularschicht bedeutet. Berechnet man nach demselben Verfahren den Wert für das Tal, so erhält man 110%, also eine Verschiebung zu

ungunsten der Molekularschicht um nur 10%. Vergleicht man damit die Abb. 2, so ist zu sehen, daß die theoretische Verschiebung für das Tal (Innenradius gleich 0—1) im hohen Grade, die für die Kuppe (Innenradius schätzungsweise 4 Breiten einer Molekularschicht) aber kaum kompensiert ist. Das heißt, obwohl im Tal theoretisch die weitaus größeren Verschiebungen zu erwarten sind, treten hier tatsächlich geringere auf, als im Bereich der Kuppen. Daraus gewinnt man den Eindruck, als werde eine räumliche Bevorteilung der Molekularschicht an der Kuppe hingenommen, einer Benachteiligung im Tal hingegen weitgehend vorgebeugt. Oft ist auch die gute Kompensation eines Tales mehr durch eine Abnahme der Zellschicht, als Zunahme der Molekularschicht bedingt.

Das bei der Berechnung theoretisch angenommene Verhalten der Schichten, um einen Punkt eine Wendung um 180° zu vollziehen, ist nicht immer gegeben. Oft findet sich am tiefsten Punkt des Tales ein Auseinanderweichen der Oberflächen, die so, im Querschnitt gesehen, eine kleine Öse (eigentlich Rinne) freilassen. Aus der Abb. 2 ist zu entnehmen, daß es erst bei den kleinsten Innenradien der Furche zu extremen Verschiebungen im Schichtverhältnis kommt. Im Beispiel eines Schichtverhältnisses von 1 : 4 bedeutet das aber, daß ein Innenradius von nur der halben Dicke der Molekularschicht in der Tiefe der Furche das Schichtverhältnis um etwa die Hälfte des Wertes normalisiert, zu dem es bei einer Schichtwendung ohne Innenradius verschoben wäre. Trotz der kleinsten Dimensionen stellt also eine minimale Erweiterung am Boden einer Furche eine bedeutende Entlastung des Schichtverhältnisses her.

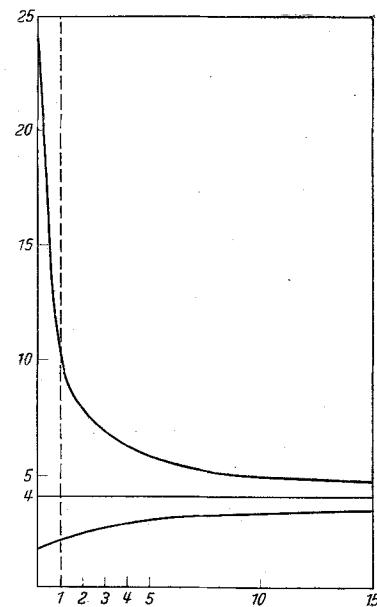


Abb. 2. Dargestellt ist die Verschiebung, die das Verhältnis zweier Schichten zueinander erleidet, wenn diese bei gleichbleibender Dicke Krümmungen von verschiedenen Radien beschreiben; der Berechnung ist ein Dickenverhältnis Molekularschicht/Zellschicht von 1:4 zugrunde gelegt. Bei der oberen Kurve ist die dünneren („Molekular“-) Schicht innen (Rindental), bei der unteren die dünneren außen (Kuppe).

Die Ordinate gibt das Flächenverhältnis der Schichten zueinander an, die Abszisse den freien Innenradius ( $r_1$ ) (Einheit ist die Dicke der dünneren Schicht).

Es ist zu erkennen, daß es nur im Tal zu extremen Verschiebungen kommt und daß bereits ein kleiner Innenradius im Tal (von der Dicke der dünneren Schicht: durchbrochene Linie) zu einer wesentlichen Normalisierung des Schichtverhältnisses führt.

$$\text{Formeln: Obere Kurve: } 8 \frac{r_1 + 3}{2r_1 + 1};$$

$$\text{Untere Kurve: } 4 \frac{2r_1 + 4}{2r_1 + 9}.$$

Daß solche „Ösen“ aber sehr oft vorkommen, ist jedem Untersucher bekannt.

Die Normalisierung des Schichtverhältnisses durch die Ösen geht bereits in die obigen Prozentzahlen durch deren Berechnungsmodus ein, da für die Wendung um einen Punkt, ohne Innenradius berechnet wurde. Beziehungen zwischen dem Prozentsatz der Kompensation und dem Vorhandensein oder Fehlen von Entlastungsösen waren nicht festzustellen. Bei tiefen Furchen treten „Ösen“ in der Mehrzahl der Furchen auf, bei mittleren oft, bei Einbuchtungen fast nie; innere Ursachen des Cortexbaues dürften wohl entscheiden, zu welchen Teilen der eine oder der andere Kompensationsweg beschritten werden.

Zwischen Kuppe und Tal findet sich im Stratum molekulare noch eine dritte Verschiebung, die bei den Bestimmungen ins Auge fiel. Nämlich eine mehr oder weniger deutliche Verschiebung im Gliagehalt. Und zwar zeigt das Tal fast immer eine deutliche Zunahme gliöser Elemente, die fast ausschließlich durch Astrocyten bestritten wird. Diese Vermehrung ist deutlicher, wenn die Molekularschicht an sich dick ist; so liegt in der Temporalregion die Zunahme meist über 100%. Im allgemeinen ergeben sich aber bei Auszählung mit einem Okularnetzmikrometer niedrigere Werte, die starken Schwankungen unterworfen sind, wohl auch regionär verschieden, so daß die Errechnung eines Mittelwertes nicht angezeigt erschien. Da alle Tiere gesund waren, dürfen wir hier wohl von einer physiologischen Gliavermehrung des Windungstales sprechen.

Ähnliche quantitative Verschiebungen finden sich auch, worauf wir schon früher hingewiesen haben, im Cortex des Frosches, indem die gliösen Elemente der „Epithelialschicht“ an den Biegungen des Cortex, wo sie den kleinsten Kreisbogen beschreiben, eine deutliche Vermehrung zeigen.

#### Besprechung der Ergebnisse.

Die aus obigen Befunden hervorgehende Bedeutung der Molekularschicht wird auch durch phylo- und ontogenetische Besonderheiten hervorgehoben. Sie, bzw. der ihr vorangehende Randschleier erscheint bereits bei der ersten Differenzierung der Rinde (HIS), sie ist phylogenetisch (CAJAL) und architektonisch beim Menschen die konstanteste Schicht (v. ECONOMO und KOSKINAS).

Histochemisch besteht eine besondere Affinität der Molekularschicht zu Acetylcholinesterase (POPE) und zu alkalischer Phosphatase (SHIMIZU, SOULAIRAC und DESCLAUX). Letztere macht hier nach einer Abbildung der letzteren Autoren auch die kompensatorische Schichtverbreiterung im Tal mit. Glykogen zeigt nach SHIMIZU und KUMAMOTO analog zur Phosphatase eine Anreicherung in der Molekularschicht. Ähnliches haben wir auch an pathologischem Material gefunden. Ein dem Lipofuscin ähnliches Pigment, das auch in seiner Menge mit dem der Ganglienzellen

Schritt hält, findet sich nach OBERSTEINER normalerweise in den oberen  $\frac{2}{3}$  der Molekularschicht.

Aktionspotentiale aus der Molekularschicht konnte CHANG nach örtlicher, elektrischer Reizung ableiten; er kommt zu dem Schluß, daß die Lokalisation der Zellkörper von untergeordneter Bedeutung sei, wenn man die corticale Gliederung unter dem Gesichtspunkt synaptischer Verhältnisse betrachtet.

Die Zusammenstellung der obigen Befunde zeigt, daß das Stratum molekulare eine Reihe hervorhebender Besonderheiten aufweist und auch die Einhaltung seines Verhältnisses zu den Zellschichten im Windungsbau von biologischer Bedeutung zu sein scheint. Dieses Verhältnis bleibt auch an Stellen, wo nach dem Windungsbau extreme Verschiebungen zu erwarten wären, weitgehend konstant. Das läßt schließen, daß es sich um einen funktionell hochwertigen Rindenanteil handelt.

Vielleicht kann die physiologische Gliavermehrung im Windungstal pathologische Gliosen hierselbst zuweilen in einem anderen Licht erscheinen lassen.

#### Zusammenfassung.

Durch Flächenbestimmungen wird bei Hund und Katze das Verhältnis der Molekularschicht (Lamina I) zu den Zellschichten im Verlauf der Rindenwindungen bestimmt. Ausgangspunkt ist hierbei die Frage nach der Bedeutung der charakteristischen Dickenänderungen der Schichten im Windungsverlauf.

Das Schichtenverhältnis verschiebt sich auch bei extremen Krümmungen der Rinde wenig; berechnet man die theoretischen Verschiebungen, die es erleiden würde, wenn die Schichten immer gleich dick blieben, so wird im Windungstal diese theoretische Verschiebung durch tatsächliche Dickenänderungen zu 92% kompensiert. Eine häufig vorhandene Erweiterung der Sulcus an seiner tiefsten Stelle trägt wesentlich zur Normalisierung des Schichtenverhältnisses bei.

Demnach scheint die Erhaltung des normalen Verhältnisses zwischen Molekular- und Zellschichten von biologischer Bedeutung zu sein; die Molekularschicht ist als funktionell hochwertiger Rindenanteil aufzufassen.

Eine physiologische Gliavermehrung der Molekularschicht im Sulcus wird beschrieben und die histochemischen, phylo- und ontogenetischen Besonderheiten der Schicht zusammengestellt.

#### Literatur.

- BARRON, D. H.: An experimental analysis of some factors involved in the development of the fissure pattern of the cerebral cortex. J. of Exper. Zool. 113, 553 (1950). — BERLINER, M.: Beitrag zur Histologie und zur Entwicklungsgeschichte des Kleinhirnes. Arch. mikrosk. Anat. (1905). — BIELSCHOWSKY, M.: Über Mikrogyrie. J.

Psychol. u. Neur. **22**, 1 (1915). — CAJAL, R. v.: Studien über die Hirnrinde des Menschen. Band IV, Leipzig 1906. — CHANG, H. T.: Dendritic potential of cortical neurons produced by direct electrical stimulation of the cerebral cortex. J. of Neurophysiol. **14**, 1 (1951). — ECONOMO, C. v., u. G. N. KOSKINAS: Cytoarchitektonik. Wien: Springer 1926. — HAUG, H.: Der Grauzellkoefizient des Stirnhirnes der Mammalia in einer phylogenetischen Betrachtung. Acta anat. (Basel) **19**, 60, 153, 239 (1953). — KRIEG, W.: Graphic reconstruction of the fields of the cerebral cortex of Macacus. Anat. Rec. **100**, 686 (1948). — LANDAU, E.: Anatomie des Großhirnes. Bern 1923. — LEONHARD, H.: Intraplasmatischer Stofftransport und Blut-Hirnschranke. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **58**, 449 (1952). — NISSL, F.: Die Neuronenlehre und ihre Anhänger, Jena 1903. — OBERSTEINER, H.: Zur Histologie der Gliazellen in der Molekularschicht der Großhirnrinde. Arb. neur. Inst. Wien **7**, 301 (1900). — POPE, A.: Quantitative Distribution of dipeptidase and acetylcholinesterase in architectonic layers of rat cerebral cortex. J. of Neurophysiol. **15**, 115 (1952). — SCHAFFER, K.: Über normale und pathologische Hirnfurchung. Z. Neur. **38**, 1 (1918). — Zum Mechanismus der Furchenbildung. Z. Neur. **38**, 79 (1918). — RETZIUS, G. v.: Das Menschenhirn. Stockholm 1896. — SCHAPER, A.: Die morphologische und histologische Entwicklung des Kleinhirnes der Telostrier. Morphol. Jahrb. **21**, 625 (1894). — SHIMIZU, N., and T. KUMAMOTO: Histochemical studies on the glycogen of the mammalian brain. Anat. Rec. **114**, 479 (1952). — SOULAIRAC, A., et P. DESCLAUX: Etude des activités phosphatasiques du tissu nerveux à l'état normal et au cours de comas experimentaux. Revue neur. **85**, 81 (1951).

Dr. R. FRIEDE, Freiburg/Br.  
Neurochirurg. Abt. d. Universität, Händelstr. 20.