

(Aus der Psychiatrischen und Nervenklinik Würzburg. [Professor Dr. *M. Reichardt*.])

Vergleichend anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die Zentren des Hypothalamus der Säuger und des Menschen.

Ein Beitrag zur Frage nach der Organisationsstufe dieses Hirnteiles beim Menschen.

Von

Dr. **E. Grünthal,**

Privatdozent.

Mit 42 Textabbildungen.

(Eingegangen am 6. Februar 1930.)

Inhalt.

- I. Einleitung. S. 216.
- II. Beschreibung des Zellaufbaues im Hypothalamus der Maus. S. 218.
- III. Beschreibung des Zellaufbaues im Hypothalamus der Fledermaus. S. 229.
- IV. Zur vergleichenden Anatomie des Corpus subthalamicum Luysi. S. 236.
- V. Zur Kenntnis der embryonalen Entwicklung der Zentren des menschlichen Hypothalamus. S. 241.
- VI. Übersicht über die Ergebnisse. Physiologische und psychologische Schlußfolgerungen. S. 249.

I. Einleitung.

Zur Beurteilung der Entwicklungshöhe von Teilorganen des Gehirnes ist einerseits ihre *Masse* im Verhältnis zu anderen Hirnteilen, andererseits der Grad der *Gewebsdifferenzierung* maßgebend. Dabei ist für die Höhe der Leistung, bei der es nicht so sehr auf Quantität, wie auf Qualität, d. h. Aufspaltung in Teilleistungen ankommt als wesentliches sichtbares Äquivalent die Gewebsorganisierung heranziehen. Es dürfte allerdings im allgemeinen zutreffen, daß die relative Masse eines Teilorganes mit der Menge der darin unterschiedenen Teilgebiete wächst. Entscheidend für die Feinheit der Leistung bleibt aber der Grad der Gewebsdifferenzierung. Um nun weiter die *morphologische Stellung eines Hirnteiles*, innerhalb des *menschlichen* Hirnes feststellen zu können, bedarf es der *vergleichend anatomischen Untersuchung* des homologen Gliedes in der Tierreihe, soweit es überhaupt vergleichbar bleibt, und ist ergänzend das Studium der *Ontogenese* notwendig, wie *Brodmann* und *Rose* am Beispiel der Hirnrinde gezeigt haben.

Für derartige Untersuchungen kommt in erster Linie die cytoarchitektonische Methode in Betracht. Es handelt sich ja darum, für die

Eigenleistung der nervösen Substanz eines bestimmten Teilorganes und ihre Differenzierung morphologische Äquivalente zu finden. Daneben wird man ergänzend die Myelo-Architektonik anwenden, wo das möglich ist. Der Zellaufbau wird grundsätzlich bis in die feinsten Einzelheiten zu beschreiben sein, denn die Aufgabe ist es ja, mit möglichster Genauigkeit die Höhe des Differenzierungsgrades des Gewebes zu bestimmen. Je feiner die Methode gehandhabt wird, desto wertvollere Grundlagen wird sie für das unendlich verwickelte physiologische Geschehen des Gehirnes geben können. Ihre Beherrschung ist dann freilich nicht einfach und erfordert ein besonders dafür geschultes Auge. Die Ergebnisse sind aber objektiv sicher zu stellen und durch die Photographie eindeutig sichtbar zu machen. Daß eine solche Verfeinerung der anatomischen Differenzierung möglich und nötig ist, hat vor allem *Rose* (auf myeloarchitektonischem Gebiete *C.* und *O. Vogt* und *Beck*) gezeigt, der die Aufteilung gewisser Teile der Rinde weit über das von *Brodmann* Gesehene, dessen Grundlagen allerdings unantastbar sind, und über das von *Economio* Beschriebene, getrieben hat.

Im folgenden habe ich versucht, den Zellaufbau des Hypothalamus in der Säugetierreihe in den Grundzügen zu studieren. Dabei ging ich von einer zufälligen Beobachtung aus. Gelegentlich experimenteller Untersuchungen hatte ich den Zellaufbau des Hundehypothalamus festgelegt, und konnte feststellen, daß sich hier Zellgebiete finden, die beim Menschen und niederen Affen, — nur für diese beiden war das Gebiet hinreichend genau bekannt. — sich nicht fanden. Der Hundehypothalamus erwies sich als höher differenziert. Ich habe nun in letzter Zeit die hypothalamischen Zentren bei einem weiteren Vertreter der *Carnivoren* (*Katze*), bei einem Vertreter der *Ungulaten* (*Kalb*), bei zwei *Rodentiern* (*Maus*, *Kaninchen*), von den *Chiropteren* die heimische *Fledermaus* und den *Insektivoren* den *Igel* untersucht. Endgültig festgelegt habe ich vorerst den Zellaufbau des Hypothalamus bei der *Maus* und *Fledermaus* und ich werde mich in dieser Arbeit auf die genaue Darstellung bei diesen beiden Tieren beschränken. Es wird sich aus den Befunden bei den nunmehr bekannten Säugetiergruppen ein einigermaßen deutliches Bild für die Grundzüge des Hypothalamusentwicklung innerhalb der Säugerreihe ergeben, das freilich ergänzungsbedürftig ist, da gewisse Untergruppen bisher noch fehlen.

Einen weiteren wertvollen Einblick in die Stellung des Hypothalamus beim erwachsenen Menschen, denn darauf zielen diese Untersuchungen vor allem hin, werden wir durch die ebenfalls vorläufig noch unvollständig durchgeführte Untersuchung der Entwicklung beim menschlichen Embryo gewinnen. Durch das überaus freundliche Entgegenkommen von Herrn Geh.-Rat *Kallius* standen mir aus dessen Sammlung einige vorzügliche Serien zur Verfügung, für deren Benutzung ich zu großem Dank verpflichtet bin. Außerdem verdanke ich Herrn Prof. *H. Spatz* die Unter-

suchungsmöglichkeit eines größeren Embryos. Die Überlassung eines anderen noch größeren embryonalen Gehirnes verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. *Bodechel* von der anatomischen Abteilung der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie in München.

Über die *Literatur* zu unserem Thema kann ich mich kurz fassen, da ich hierüber schon anlässlich der Beschreibung des Hundehypothalamus einiges bemerkt habe¹. *Dort finden sich auch weitere Literaturangaben*. Ich möchte hier nur erwähnen, daß im wesentlichen zwei Versuche über die vergleichende Anatomie der hypothalamischen Zentren vorliegen. Wie ich schon früher bemerkt habe, sind beide in der Beschreibung unvollständig und in der Methode nicht hinreichend. Keiner weist genügende Abbildungen auf. *Neidig* hat 1911 den Hypothalamus beim Affen, Hund, Kaninchen und Igel untersucht. Er bringt aber nur eine einigermaßen ins Einzelne gehende Beschreibung der hintersten Abschnitte. Die vorderen Teile sind seiner Ansicht nach nicht differenzierbar. *Sutkowaja* beschrieb 1928 von den Säugetieren nur das Kaninchen, allerdings ohne klare Abbildung und gänzlich unvollständig, wie man ohne weiteres beim Vergleich mit dem unten beschriebenen Mäusehypothalamus, der dem des Kaninchens sehr ähnlich ist, sehen kann. Sie kommt zu dem ganz allgemein gehaltenen Schluß, daß sich in der Entwicklung des Hypothalamus in der Wirbeltierreihe Schwankungen finden.

II. Beschreibung des Zellaufbaues im Hypothalamus der Maus.

(Dargestellt als schematisch gezeichnete Serie auf Abb. 39, S. 257—259.
Photogramme Abb. 1—14.)

Im folgenden wird unser Gebiet bei der Maus an Hand einer frontalen *Nisslserie* beschrieben, von der durchschnittlich *jeder zehnte Schnitt schematisch* in den Umrissen der zu unterscheidenden Teile dargestellt ist². Die einzelnen Felder sind dabei hier wie auf den anderen Zeichnungen gestrichelt umrissen, die übrigen Abgrenzungen sind ausgezogen. *11 Präparate* sind außerdem im Photogramm wiedergegeben, sie zeigen insgesamt naturgetreu die wichtigsten unterschiedenen Kerne und Felder, die durchgehend in der Reihenfolge ihres Auftretens von oral nach kaudalwärts mit Ziffern bezeichnet sind. Für die Abgrenzung der Gewebeinheiten war maßgebend die Nervenzellform, sowie die Art der Lagerung der Zellen. Man kann auf diese Weise *Kerne*, d. h. kleinere scharf umgrenzte, und *Gebiete*, d. h. größere flächenhafte einheitlich gebaute Gewebsteile unterscheiden. Die Fixierung aller untersuchten Gehirne erfolgte in Alkohol, die Einbettung zumeist in Paraffin, die Färbung mit Cresylviolett. Die Schnittdicke beträgt bei der Maus 20 μ .

¹ Z. Neur. 120, 1929, S. 157.

² Die Zeichnungen dieser Arbeit hat Fr. E. Precht in dankenswerter Weise angefertigt.

Schnitt 111 der Serie (auf *Abb. 1* photographisch festgehalten) ist das oralste gezeichnete Präparat. Dorsal finden wir die vordere Kommissur angedeutet, basal die Sehnervenkreuzung. An den 3. Ventrikel grenzen die Zellgebiete 1 und 2, die als Höhlengrau zu bezeichnen sind. Gebiet 1 besteht aus Nervenzellen mit kleinem Kern und sehr geringem Zelleib, 2 hat Zellen mit größerem dunklerem Kern und einem zwei-

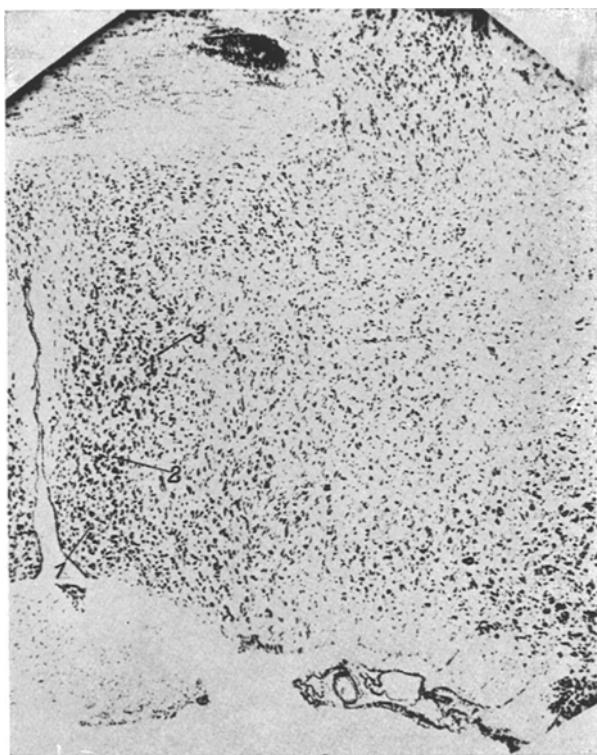


Abb. 1. Frontalschnitt 111 durch den Hypothalamus der Maus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

zipfligen mittelgroßen Leib. Kern 3 zeigt noch größere meist dreizipflige Zellen, deren Leib ziemlich ausgedehnt ist.

Auf *Schnitt 122* (Photogramm *Abb. 2*) findet man dorsal den quer getroffenen Fornix und außer den schon beschriebenen noch weitere 4 Kerngebiete. Kern 4 ist zweifellos der Nucleus supraopticus, mit dessen großen charakteristischen Nervenzellen, deren Kern blasig ist und exzentrisch liegt, deren Leib erhebliche Größe hat, deren Fortsätze wenig sichtbar werden. Kern 5 mit seinen großen zipfligen großen Zellen setzt sich deutlich ab von 7, der unterhalb des Fornix gelegen ist und später

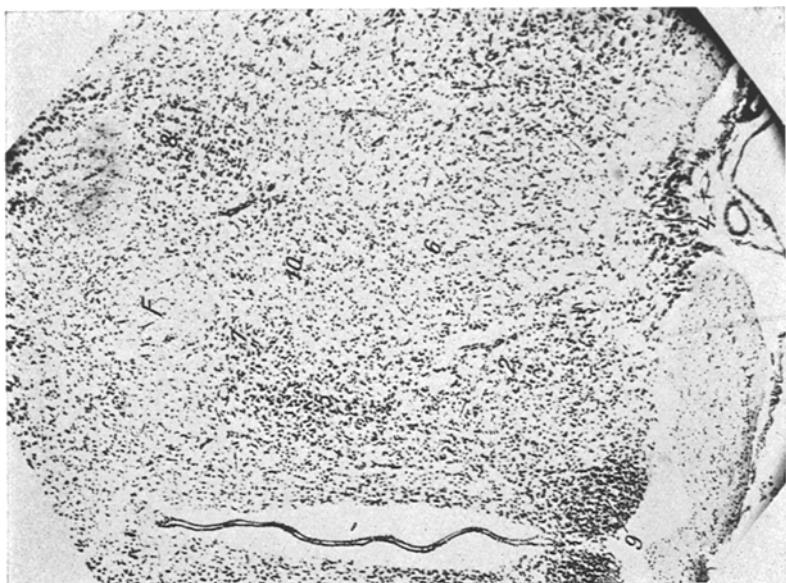


Abb. 2. Frontalschnitt 122 durch den Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

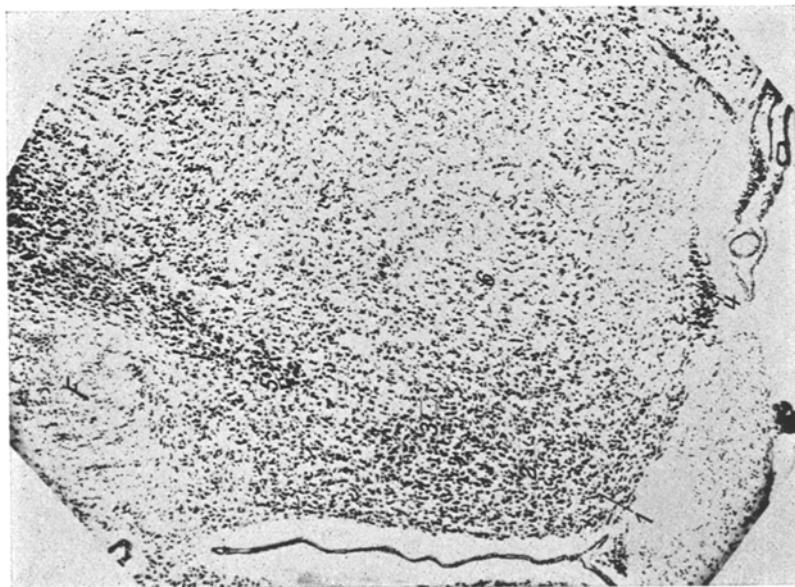


Abb. 3. Frontalschnitt 135 durch den Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

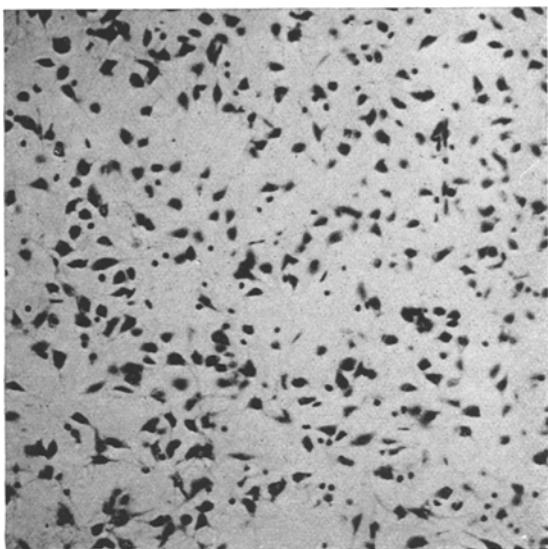


Abb. 5. Feinerer Bau von Gebiet 10 des Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 220fach.

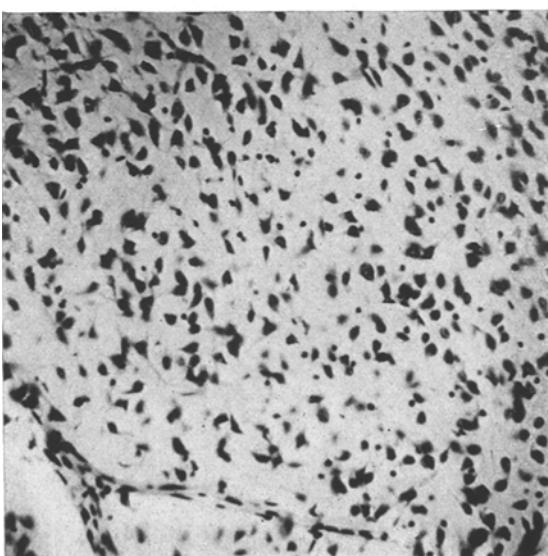


Abb. 4. Feinerer Bau von Gebiet 2 des Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 220fach.

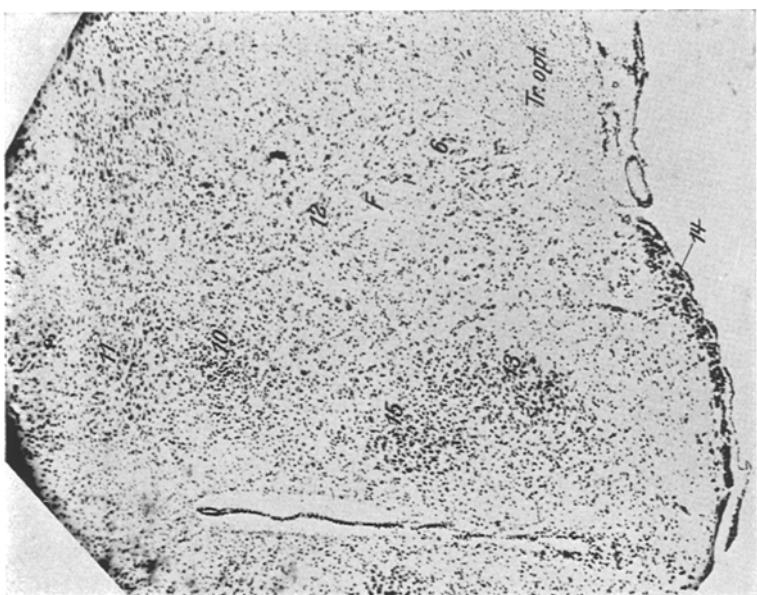


Abb. 7. Frontalschnitt 168 durch den Hypothalamus der Maus,
Nissipräparat. Vergrößerung 58 fach,

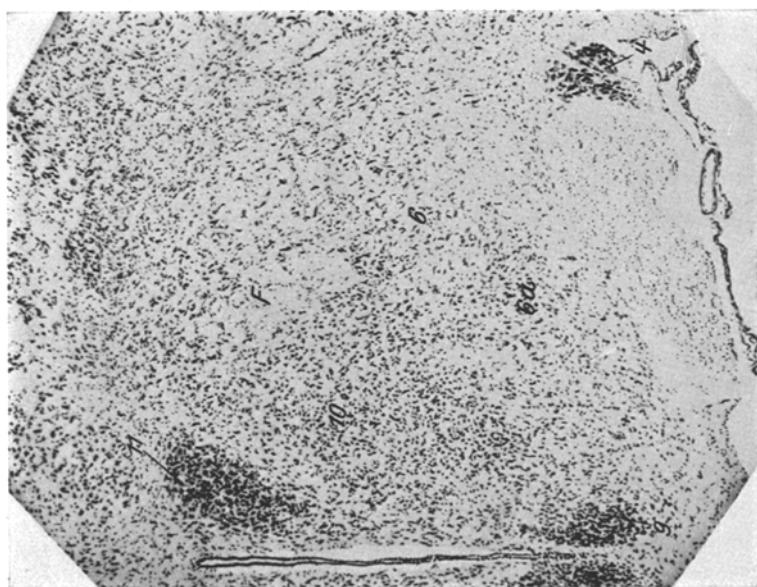


Abb. 6. Frontalschnitt 150 durch den Hypothalamus der Maus,
Nissipräparat. Vergrößerung 58 fach.

weiter basalwärts rückt. Gebiet 6 entspricht dem von mir beim Hunde beschriebenen Gebiete c ganz offenbar. Es weist die gleiche Lage und die netzartige Struktur seiner langzipfligen, weitgestellten Nervenzellen auf.

Schnitt 132 zeigt zwei neue Kerne: 8 mit kleineren und verstreuter als in 7 liegenden Nervenzellen, 9 ist eine kernartige Verdichtung des Höhlegräugebietes 1, genau wie ich das beim Hunde fand und stellt den bei allen von mir untersuchten Säugern vorhandenen Nucleus suprachiasmaticus dar.

Schnitt 135, wiederum photographisch dargestellt auf *Abb. 3*, bringt

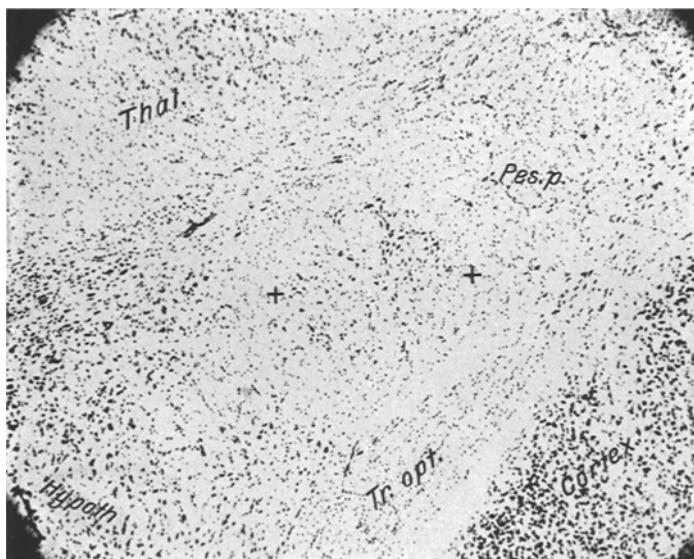


Abb. 8. Zwischen den beiden Kreuzen sichtbar der Kern im Pes. pedunculi der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

eine fast unveränderte Sachlage. Lediglich 10 ist neu aufgetreten und wird auf den folgenden Präparaten sich auf Kosten anderer Gebiete weiter ausbreiten. Vor allem verdrängt 10 das Gebiet 2. Zur Illustration dieser Verhältnisse füge ich mit stärkerer Vergrößerung je ein Bild von Gebiet 2 und 10 bei, woraus man sich von den bei schwacher Vergrößerung nicht deutlichen Unterschieden dieser beiden Felder überzeugen wird (*Abb. 4 und 5*).

Schnitt 137: Hier beherrscht 10 den dorsalen Teil des Feldes, wo die kleinen Kerne 5, 7, 8 verschwunden sind. Kern 9 hat sich vergrößert.

Auf *Schnitt 150* (Photogramm *Abb. 6*) ist die Sehnervenkreuzung verschwunden und mit ihr auch der Kern 9. Der Tractus opticus tritt auf. In Gebiet 6 wird mit 6a eine Verdichtung der Zellagerung als be-

sonderer Kern hervorgehoben. Dorsomedial tritt ein scharf begrenzter Kern auf, der nach Lage, Form und Zellart nur der Nucleus paraventricularis sein kann. Die Nervenzellen ähneln sehr denen des Nucleus supraopticus, sind aber, wie auch beim Menschen und Hund, kleiner als dort.

Auf *Schnitt 164* ist von 10 nur noch der dorsale Teil sichtbar, dagegen sind an den freigewordenen Stellen 12 und 13 aufgetaucht. 12 ist ein stets dorsal eng an den Fornix geschmiegter Kern mit gut unterscheidbaren, gehäuften, großleibigen, körnigen Nervenzellen mit hellem großen Kern und mehreren weithin sichtbaren Fortsätzen. Er wird kaudalwärts

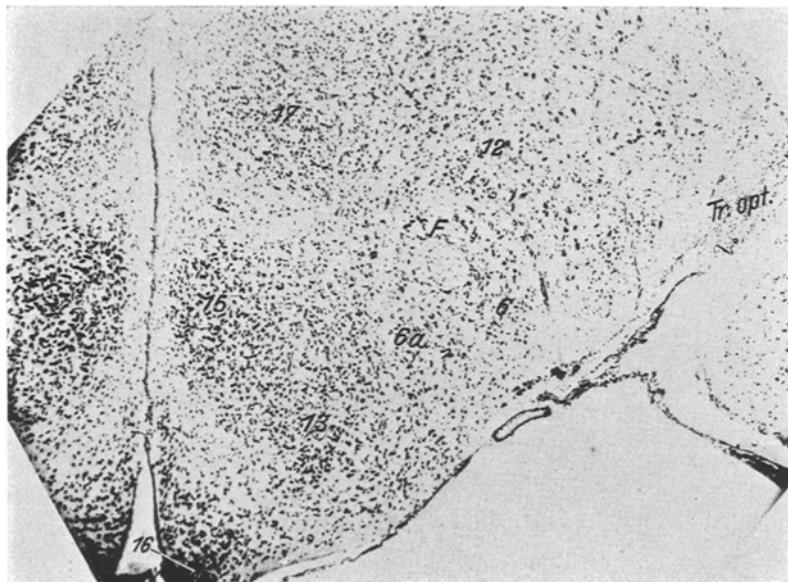


Abb. 9. Frontalschnitt 180 durch den Hypothalamus der Maus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

in der Lagerung der Zellen lockerer. 13 ist ein ebenfalls ganz deutlich abgegrenzter Zellhaufen. Die großen Zellen, die etwas kleiner als in 12 sind, haben nur ein- bis zweizipflige weiter sichtbare Fortsätze.

Schnitt 168 (Photogramm *Abb. 7*): 10 ist weiter verkleinert, 12 hat sich breit um den Fornix gelegt, 14 ist neu an der Basis aufgetreten als scharf abgegrenzter Kern mit dunklen Nervenzellen, die einen großen körnigen Leib und einen nicht sehr großen Kern haben. Er ist möglicherweise dem von Friedemann beim Cercopithecus, von mir beim Hunde gefundenen Nucleus pedamenti lateralis gleich zu setzen. Medial und dorsal von 13 zeichnet sich neu Kern 15 gut ab. Er besteht aus mittleren Nervenzellen, die deutlich gehäuft liegen, einen großen Kern und zwei weit sichtbare Fortsätze haben.

Auf *Schnitt 174* sind dorsal der Nucleus paraventricularis (11) und Kern 10 verschwunden. Die Kerne 14, 13, 12 haben sich vergrößert. An das Basis ganz medial, da wo oralwärts früher der Nucleus supra-chiasmaticus lag, findet sich neu ein Kern 16, der uns bis in die kaudalsten Abschnitte des Hypothalamus begleiten wird. Er besteht aus kleinen körnerartigen Zellen mit äußerst geringfügigem Leib, an dem sich oft

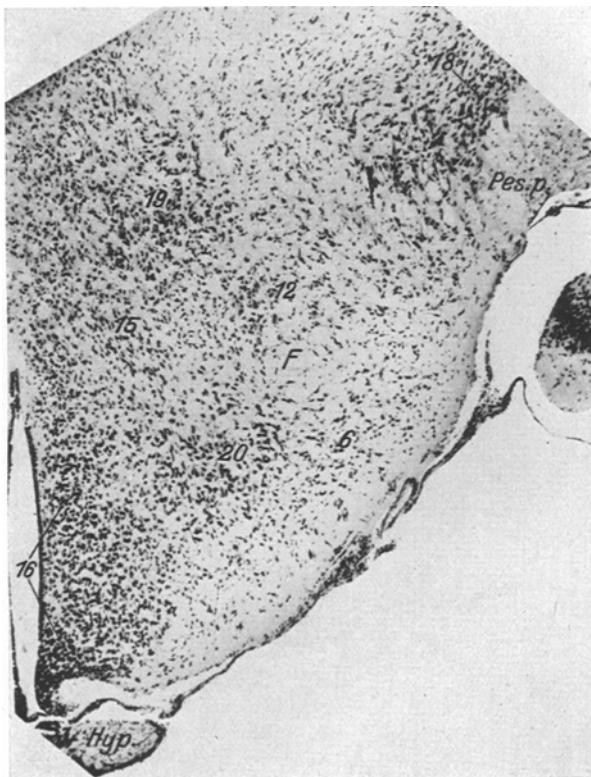


Abb. 10. Frontalschnitt 208 durch den Hypothalamus der Maus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

ein kurzer Fortsatz findet. Im Bereich des Hirnschenkelfußes etwas lateral vom Bildrande unserer Abbildung, also in der Figur nicht mehr gezeichnet, findet sich ein auf *Abb. 8* photographisch wiedergegebener Kern 16a von sehr charakteristischem, netzartigem Aussehen, der kaudalwärts ein ganzes Stück zu verfolgen ist. *Er hängt räumlich in seinen oralen Teilen unmittelbar mit dem Globus pallidus zusammen*, ist aber in der Zellart einigermaßen, in der Zellagerung deutlich unterschieden. Er dürfte dem beim Hunde beschriebenen Kern 4, den ich auch dort mit Wahrscheinlichkeit zum Globus pallidus gehörig betrachtet

habe, entsprechen. Die Tatsache des Zusammenhanges dieses Kernes mit dem Globus pallidus weist entschieden auch von vergleichend anatomischer Seite auf dessen nahe Beziehung zum Hypothalamus hin, eine Annahme, zu der H. Spatz auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Studien gekommen ist. Ich möchte ergänzend hinzufügen, daß dieser

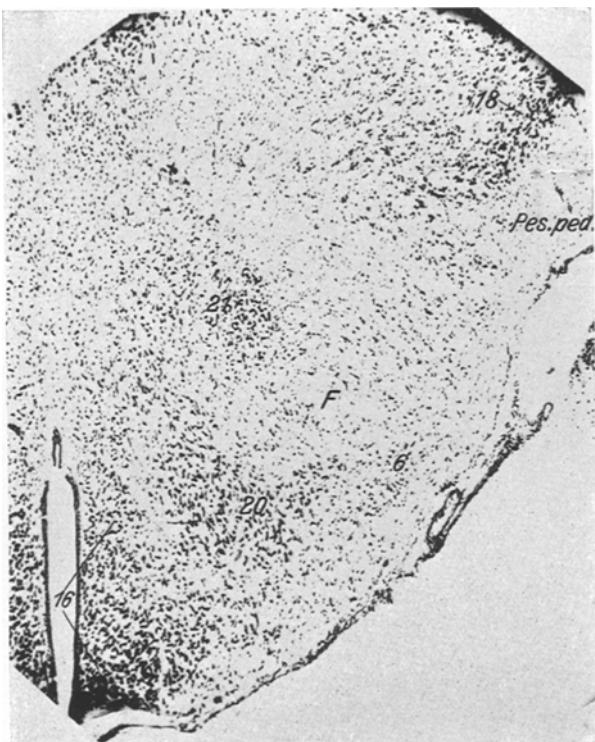


Abb. 11. Frontalschnitt 211 durch den Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

Kern bei den Säugetieren da liegt, wo in frühen Stadien die *Pallidum-anlage* des menschlichen Fötus sich findet.

Schnitt 180 (Photogramm Abb. 9): Dorsal erscheint neu Kern 17 mit gehäuften kleinen, andeutungsweise dreieckigen Zellen, die teilweise einen langen rutenartigen Fortsatz haben.

Auf *Schnitt 199* sind 17 und auch 14 verschwunden, 16 hat sich erheblich vergrößert. Über dem Hirnschenkelfuß findet sich als 18 das Corpus subthalamicum Luysi, dem unten ein Sonderkapitel gewidmet wird.

Schnitt 208 (Photogramm Abb. 10) zeigt 16 weiter in Zunahme begriffen, 6 und 12 sehr verkleinert. Dazu gekommen ist Kern 19 mit

mittelgroßen dreizipfligen Zellen, an denen aber nur zwei Fortsätze lang sichtbar sind. Kern 20 besteht aus dicht liegenden großkernigen Zellen mit verhältnismäßig kleinem Leib und zwei bis drei langen Fortsätzen.

Auf *Schnitt 211* (Photogramm *Abb. 11*) hat sich 20 auf Kosten von

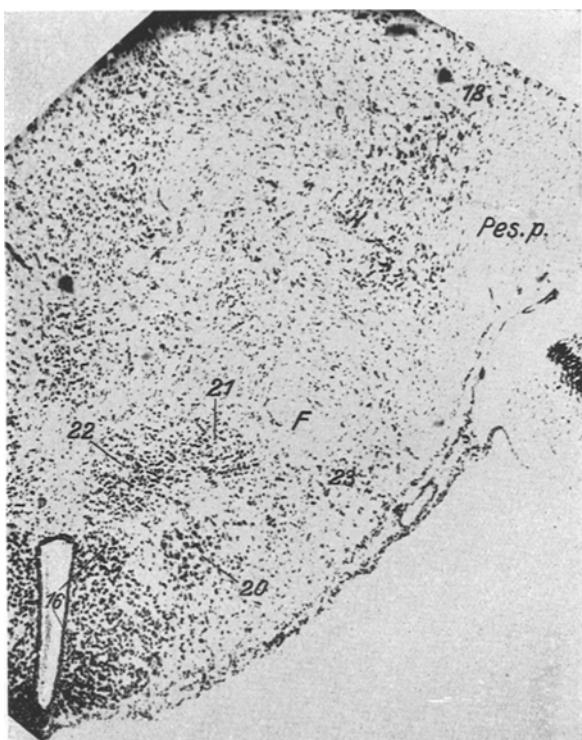


Abb. 12. Frontalschnitt 219 durch den Hypothalamus der Maus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

15 und 19 wesentlich ausgedehnt. Neu ist 21 aus kleinen dunkel angefärbten spitzwinklig dreieckigen Zellen.

Schnitt 219 bringt wiederum zwei neue, auf dem Photogramm in *Abb. 12* deutlich sichtbaren Kerne 22 und 23. Der erste hat Nervenzellen von ähnlicher Form, nur etwas kleiner als Kern 18. Kern 23 führt mittelgroße, helle, zweizipflige Zellen mit gekörntem Leib und zwei sichtbaren Fortsätzen. Von 18 findet sich hier der kaudalste Abschnitt.

Schnitt 224 überrascht durch seinen außerordentlichen Kernreichtum, der sehr schön auf dem Photogramm *Abb. 13* herauskommt. Es ist hier darauf aufmerksam zu machen, daß der basale Abschnitt des 3. Ven-

trikels, der etwa seit dem Schnitt 199 von dem dorsalen Teil abgetrennt ist, einige Schnitte weiter endigt. Man könnte diesen Blindsack wohl als *Recessus inframamillaris* bezeichnen, wie er beim menschlichen Embryo noch ausgesprochener gefunden wird. In Kern 26 und 27 haben wir nämlich hier bereits den Beginn der später deutlich als solche erkennbaren medialen und lateralen Kerne des *Corpus mamillare* vor uns.

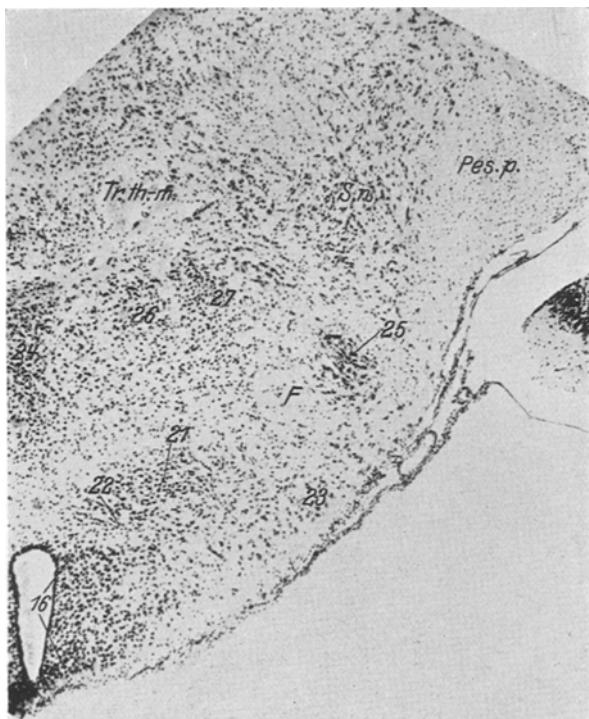


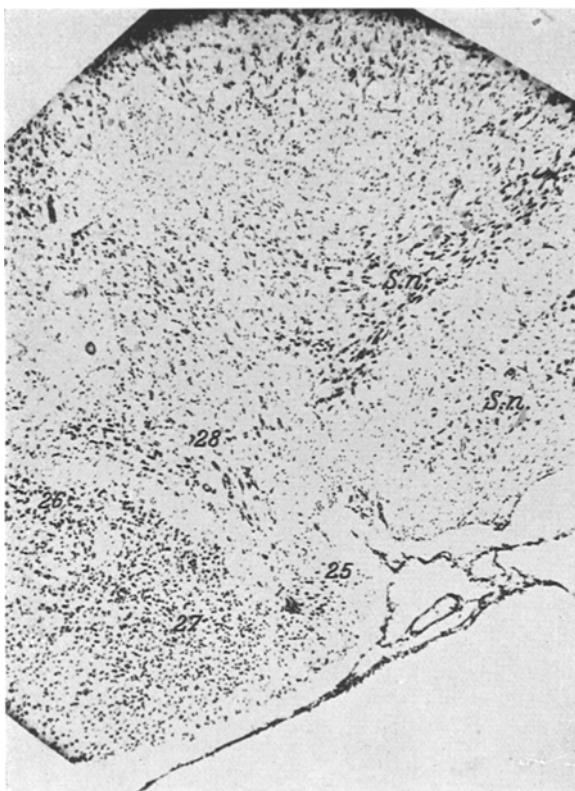
Abb. 13. Frontalschnitt 224 durch den Hypothalamus der Maus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

26 hat ziemlich kleine Zellen mit sichtbaren Fortsätzen, deutlich gekörntem Leib und dunklem Kern, 27 zeigt kleine Nervenzellen mit meist nur einem Fortsatz. Medial tritt Kern 24 auf, der aus kleinen dunklen zweizipfligen Nervenzellen mit je zwei bis drei langen Fortsätzen sich zusammensetzt. Kern 25 besteht aus großen, dunklen, dreieckigen Stellen mit zwei langen Fortsätzen, deren Lagerung kaudalwärts lockerer wird. Er stellt den Nucleus intercalatus dar.

Auf Schnitt 234 ist Kern 16, der uns lange begleitet hat, erheblich geschrumpft, ebenso 23 und 25. Die Kerne 22 und 21 sind gänzlich verschwunden, der Ventrikel hat sich geschlossen, das Corpus mamillare (26 und 27) mit dem Tractus thalamo mam. (Vieq d'Azyr) ist basal-

wärts gerückt. Dorsomedial vom Hirnschenkelfuß ist bereits von Schnitt 224 ab die Substantia nigra aufgetreten, von der zuerst nur die dorsale kompakte Zone sichtbar wird.

Als letztes Präparat sei 239 beschrieben (Photogramm Abb. 14), auf dem sich das Corpus mamillare in voller Ausbildung befindet und



Ab. 14. Frontalschnitt 239 durch den Hypothalamus der Maus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

als unpaarer Höcker an der Basis vorwölbt. Neu erschienen ist noch Kern 28, der Nucleus supramam. von Neidig. Die Substantia nigra zeigt nun auch ihre Zona reticulata.

III. Beschreibung des Zellaufbaues im Hypothalamus der Fledermaus. (Dargestellt als schematisch gezeichnete Serie auf Abb. 40, S. 260—262. Photogramme Abb. 15—22.)

Fixierung, Einbettung und Färbung erfolgten hier in gleicher Weise wie bei der Maus. Dagegen beträgt die Schnittdicke der Serie nur 10 μ ,

was beim Vergleich mit den Photogrammen von der Maus zu beachten ist. Ich bespreche den Zellaufbau wieder *an Hand der schematischen Zeichnungen einer Frontalserie*. Außerdem ist jede charakteristische Änderung des Bildes photographisch wiedergegeben, so daß sich ziemlich jeder Kern auf einer der Photographien findet. Vorwegnehmen möchte ich, daß bei der Fledermaus die Fornixsäule im Bereich des Hypothalamus im Nisslbild kaum zu sehen ist. Sie scheint nur gering entwickelt zu sein.

Der oralste Schnitt 202 (Photogramm Abb. 15) zeigt Gebiete 1 und 2,

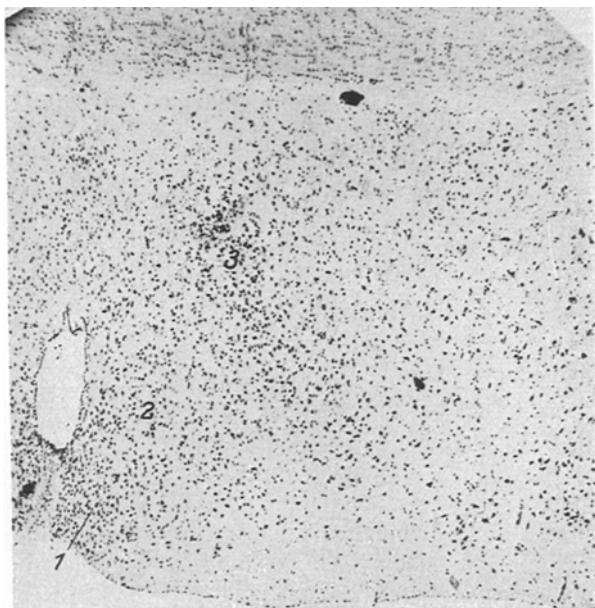


Abb. 15. Frontalschnitt 202 durch den Hypothalamus der Fledermaus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

die beide an den Ventrikel grenzen, als Höhlengrau. 1 besteht aus dichtliegenden Körnerzellen, 2 aus locker gelagerten Nervenzellen mit einem sichtbaren Fortsatz. Dorsolateral befindet sich Kern 3, dessen Zellen zwei deutliche Fortsätze aufweisen und größer sind als die des Kernes 2. Dorsal wird das Bild von der vorderen Commissur begrenzt.

Schnitt 214 (Photogramm Abb. 16) zeigt die Gebiete 1 und 2 weiter ausgedehnt, 3 ist verschwunden. Unterhalb der vorderen Commissur liegt Kern 4, dessen Nervenzellen ähnlich wie in 2, aber kleiner und dunkler erscheinen. Gebiet 5 entspricht wiederum dem Gebiete c beim Hund und 6 bei der Maus. Es zeigt auch hier die entsprechende Lage, Form und Gruppierung der Nervenzellen. Wie bei den genannten Tieren reicht es weit kaudalwärts.

Schnitt 239 zeigt neu Kern 6 mit dicht gelagerten körnerartigen Nervenzellen, die oft schattenhaft weithin sichtbare Fortsätze tragen. Es handelt sich hier um den Nucleus suprachiasmaticus. Dieser Kern wächst erst an, nimmt aber dann bis Schnitt 297 an Größe ab, ohne daß er ganz verschwindet. Weiter kaudalwärts wächst er erneut mächtig und reicht bis fast zu Beginn des Corpus mamillare. Der kaudale Abschnitt entspricht offenbar dem Kern 16 bei der Maus. Kern 7 weist zweizipflige Zellen auf, die größer sind als die des umgebenden Gebietes 2.

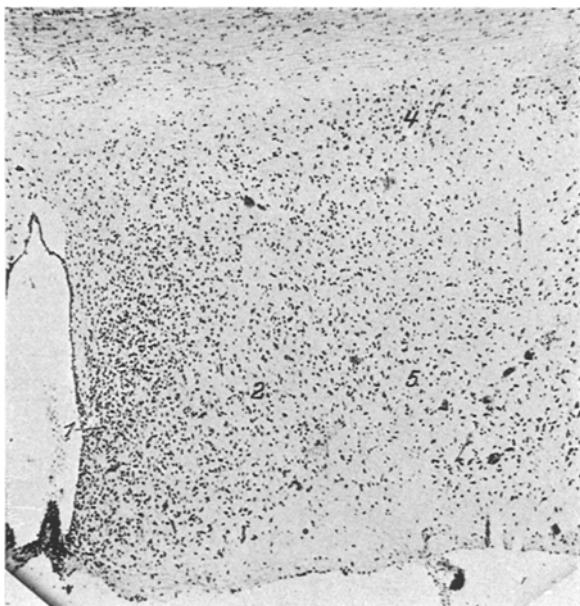


Abb. 16. Frontalschnitt 214 durch den Hypothalamus der Fledermaus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

Schnitt 250: Kern 8 stellt mit seinen großen Zahlen, die randständige Nisslschollen haben, den Nucleus supraopticus dar. Kern 9 besteht aus Zellen mit großen chromatinreichem Kern, kleinem Zelleib und 1—2 deutlichen Fortsätzen.

Schnitt 258 (Photogramm Abb. 17) Kern 5 ist gewaltig gewachsen, Kern 2 sehr klein. Neu erscheint Kern 10 (Nucleus paraventricularis) mit großen Nervenzellen, die einen großen gekörnten Zelleib haben. Kern 11 ist ein etwas unscharf hervortretendes Gebiet mit Zellen, die deutlich größer sind als die der Umgebung und 2—4 Zipfel ohne längere Fortsätze aufweisen.

Schnitt 273: Hier findet sich ventral von 10 ein Kern 11a mit kleinen, dunkelkernigen zwei bis dreizipfligen Zellen. Kern 11 ist verschwunden.

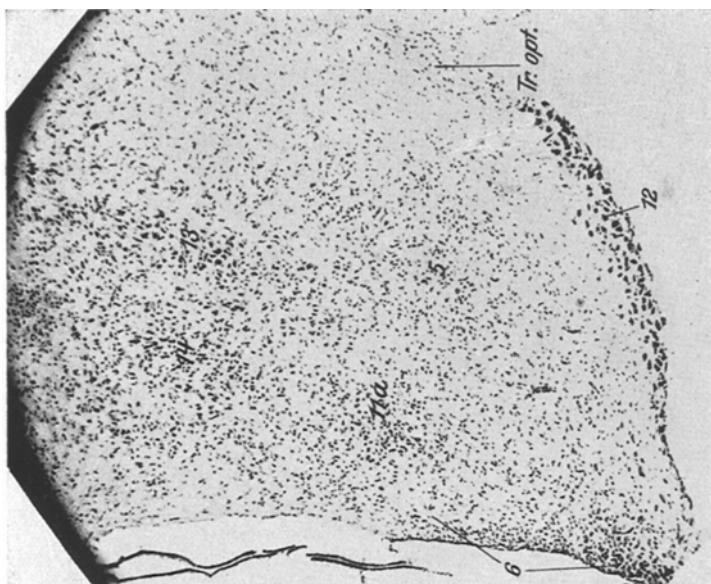


Abb. 18. Frontalschnitt 310 durch den Hypothalamus der Fledermaus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

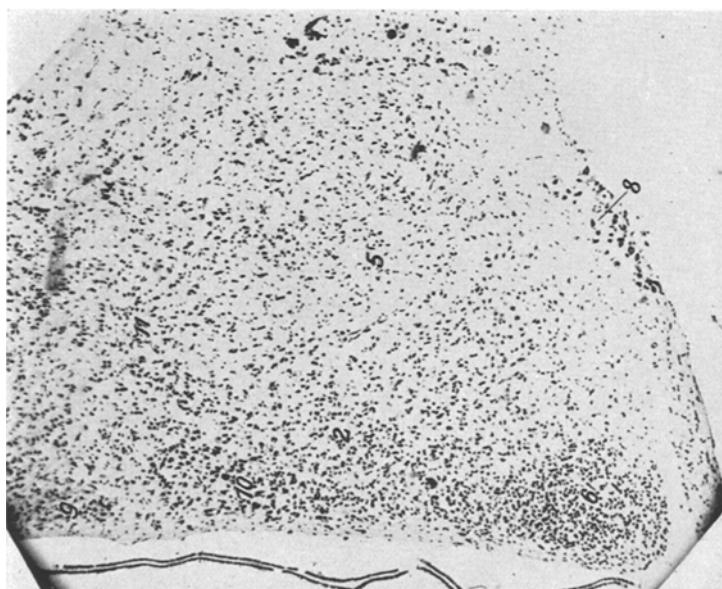


Abb. 17. Frontalschnitt 258 durch den Hypothalamus der Fledermaus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

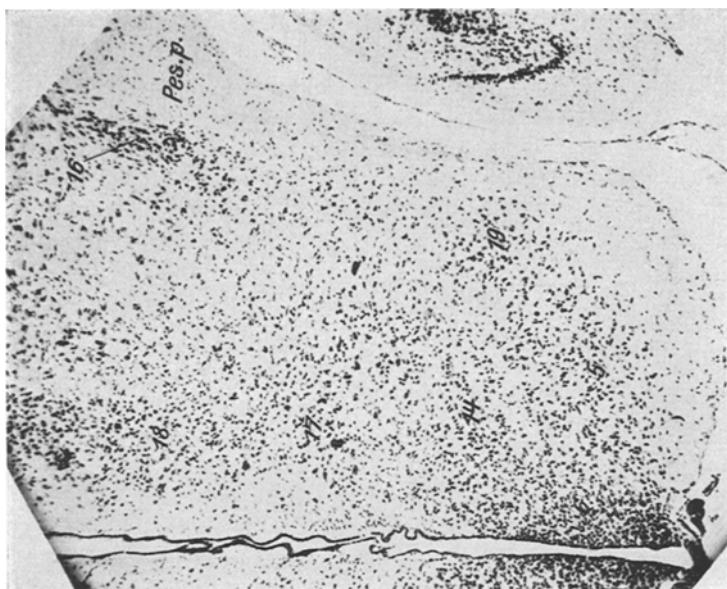


Abb. 20. Frontalschnitt 384 durch den Hypothalamus der Fledermaus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

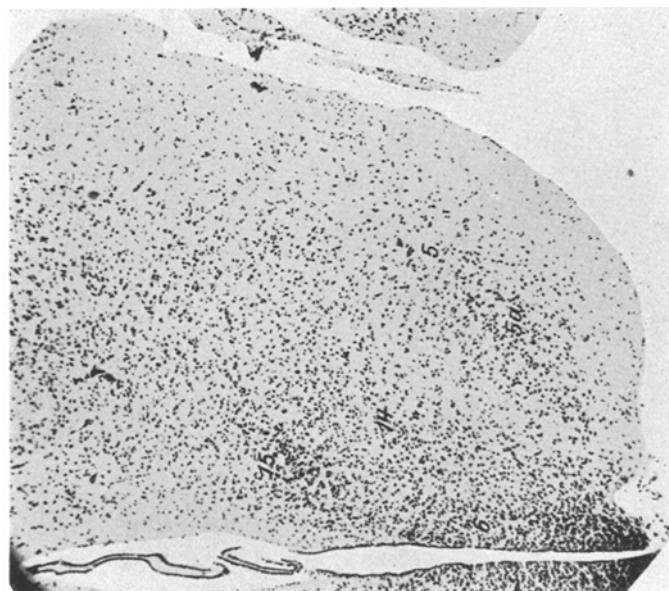


Abb. 19. Frontalschnitt 357 durch den Hypothalamus der Fledermaus.
Nisslpräparat. Vergrößerung 58fach.

Schnitt 297: 2 und 8 (Nucleus supraopticus) sind verschwunden, 11a und 5 haben sich weit ausgedehnt, 6 hat hier seine stärkste Verkleinerung. Basal ist 12 aufgetaucht mit großen dunklen, großbleibigen Nervenzellen. Er entspricht dem Nucleus pedam. lat. bei der Maus.

Schnitt 310 (Photogramm Abb. 18): Kern 6 ist wieder in Ausdehnung begriffen, dorsal erscheint 13 aus mittelgroßen, 2—3 zipfligen Zellen

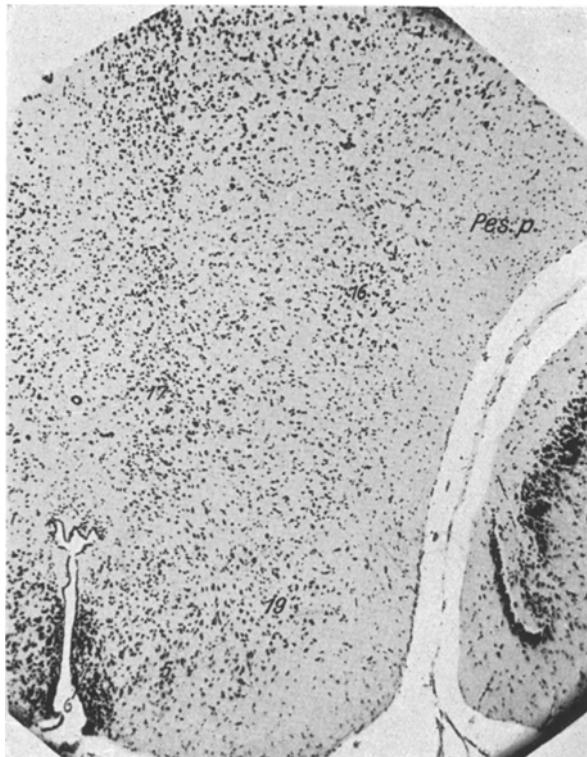


Abb. 21. Frontalschnitt 400 durch den Hypothalamus der Fledermaus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

mit deutlichem gekörntem Leib, weiterhin Kern 14 aus kleinen körnerartigen Nervenzellen, die nur teilweise 1—2 Fortsätze haben. Innerhalb von 5 findet sich ähnlich wie bei der Maus eine Zone mit dichter gelagerten Zellen, die als 5a bezeichnet wird.

Auf *Schnitt 357* (Photogramm Abb. 19) ist 13 verschwunden und neu Kern 15 aufgetreten. Er zeigt mittelgroße Zellen mit deutlichem Leib und meist einem Fortsatz und ist durch seine dichte Zellagerung deutlich abgegrenzt. Dorsal vom Hirnschenkelfuß erscheint das Corpus Luysi als 16, dessen genaue Beschreibung unten gegeben wird.

Schnitt 371 lässt den Kern 15 vermissen. Im übrigen ist alles fast unverändert. In dieser Höhe etwa tritt *innerhalb des Hirnschenkelfußes*, *auf den Zeichnungen nicht mehr dargestellt*, ein Kern 17a auf, wie wir ihn schon bei der Maus geschildert haben. Auch hier ist oral *ein enger räumlicher Zusammenhang mit dem Globus pallidus* festzustellen, während die Zellart und ihre Lagerung sich davon unterscheiden.

Auf *Schnitt 383* (Photogramm *Abb. 20*) erscheinen nun die Kerne 17, 18, 19. Kern 17 besteht aus mittelgroßen dunklen Zellen mit deutlich gekörntem Leib und randständigen *Nisslschollen*. 1—2 Fortsätze sind

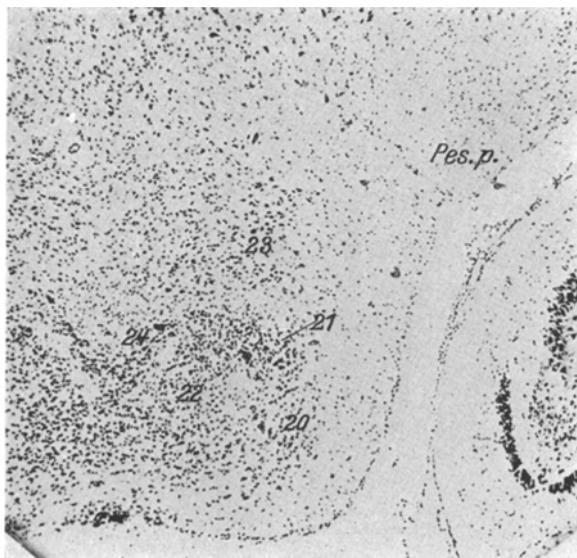


Abb. 22. Frontalschnitt 434 durch den Hypothalamus der Fledermaus. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

sichtbar. Diese Zellart ist untermischt mit Körnerzellen, die oralwärts überwiegen. Der Kern 17 ist nicht sehr scharf abgrenzbar. Kern 18 besteht aus kleineren, einzipfligen Zellen mit ganz geringfügigem Leib. Er ist schärfer umrissen. Kern 19 hat zipflige Zellen, die kleiner sind als die ebenfalls sehr langzipfligen von Gebiet 5 und zwei bis drei Fortsätze zeigen.

Auf *Schnitt 410* (Photogramm *Abb. 21*) und den folgenden verschwinden die bisherigen Kerne und *Schnitt 434* (Photogramm *Abb. 22*) zeigt ein völlig verändertes Bild. Der Ventrikel ist verschwunden, wir befinden uns im Gebiete des *Corpus mamillare*, dessen beide Kerne 21 und 22 darstellen. Kern 23 dürfte dem *Nucleus supramamillaris* (*Neidinger*) entsprechen. Er besteht aus größeren zweizipfligen Zellen. Kern 20 ist der *Nucleus intercalatus* und zeigt dunkel gefärbte Körnerzellen. Schließlich

erscheint auf dem *letzten abgebildeten Schnitt 439* (Abb. 40) dorsal noch ein deutlich abgrenzbarer Kern 25 mit kleinen Zellen. Die Kerne des Corpus mamillare 21 und 22 sind nun noch mehr basalwärts gerückt.

IV. Zur vergleichenden Anatomie des Corpus subthalamicum Luysi.

Schon beim *Hunde* war aufgefallen, daß das Corpus subthalamicum sich *aus zwei Teilen* mit verschiedenartigen Nervenzellen zusammensetzt und die Zellen medial besonders dicht gehäuft stehen. Es finden

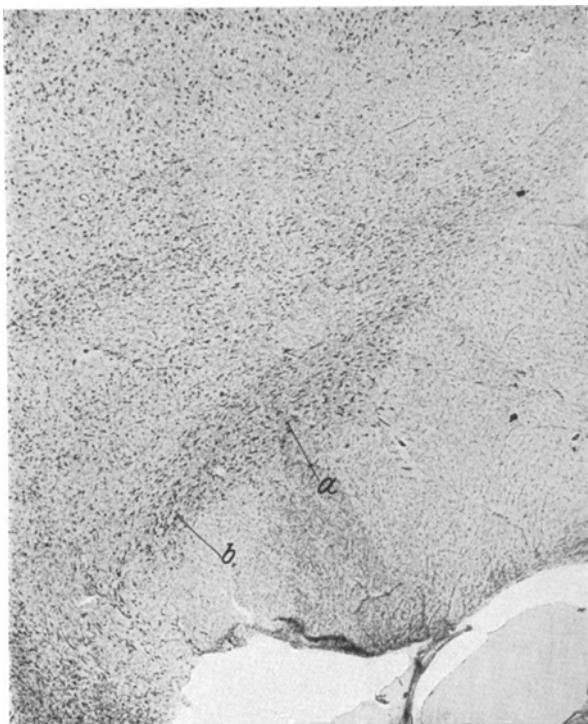


Abb. 23. Corpus subthalamicum des Hundes, zweiteilig. a) lockerer Teil, b) dichterer Teil. Nisslpräparat. Vergrößerung 19fach.

sich in diesem ganz offenbar besonders gebautem medialen Teil zipflig dreieckige Zellen, während die lateralen oralen Teile aus spindelförmigen Zellen bestehen, die kaudalwärts von den ersten verdrängt werden. Abb. 23 macht diese beiden Abschnitte a und b anschaulich.

Bei der *Maus* sind da, wo das Corpus subthalamicum sich in vollster Entwicklung befindet, sogar *drei im Zellbau verschiedene Abschnitte* zu bemerken. Der Hauptteil a liegt linsenförmig flach auf dem Hirnschenkelfuß und besteht aus dunklen, spindeligen, schmalen Zellen. Medial

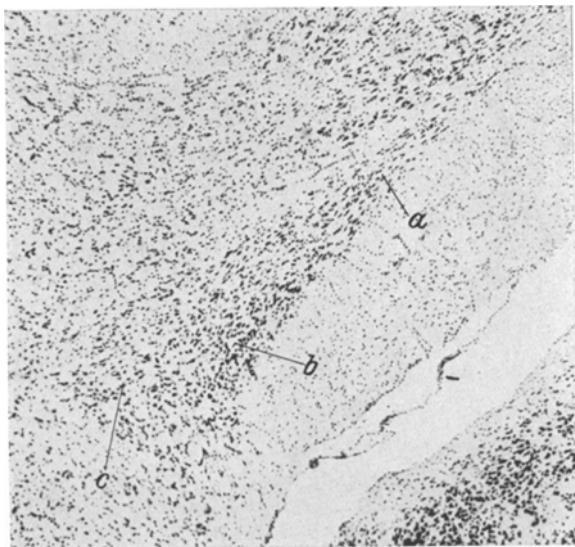


Abb. 24. Corpus subthalamicum der Maus, dreiteilig. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

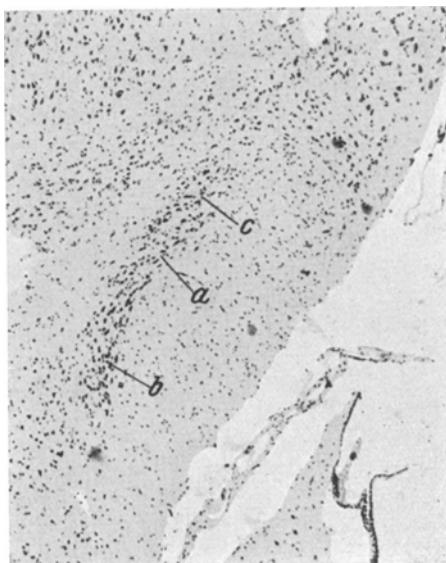


Abb. 25. Corpus subthalamicum der Fledermaus, dreiteilig. Nisslpräparat.
Vergrößerung 58fach.

schließt sich ein kolbenförmiger, kappenartig aufgesetzter Teil *c* an mit größeren dreieckigen Zellen. In den mittleren Teilen, wo das Corpus



Abb. 26. Corpus subthalamicum des erwachsenen Menschen, fast einheitlich gebaut. Leichte Zellverdichtung bei *. Nisslpräparat. Vergrößerung 19fach.

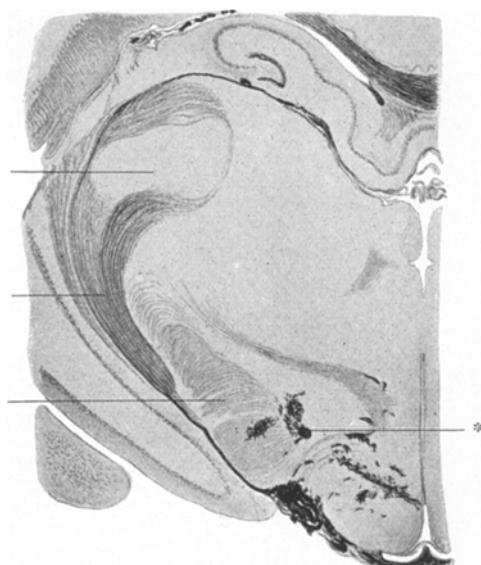


Abb. 27. Frontalschnitt durch den Katzenhypothalamus nach Karplus und Kreidl.
Siehe Text.

subthalamicum voll entwickelt ist, schiebt sich zwischen a und c ein dritter Teil b mit engliegenden kleineren Zellen ein. Alle drei Gebiete sind auf Abb. 24 sichtbar. Wiederum in anderer Gestaltung finden sich *drei verschiedene Gewebeanteile* im Corpus subthalamicum der *Fledermaus* (Abb. 25). In den oralsten Abschnitten liegen lateral verstreute viereckige Nervenzellen (c) medial längliche spindelförmige Zellen (a). In den mittleren Abschnitten gesellt sich medial dazu der Teil b aus dunklen mehr zusammengeballt liegenden Zellen bestehend. Nach kaudalwärts

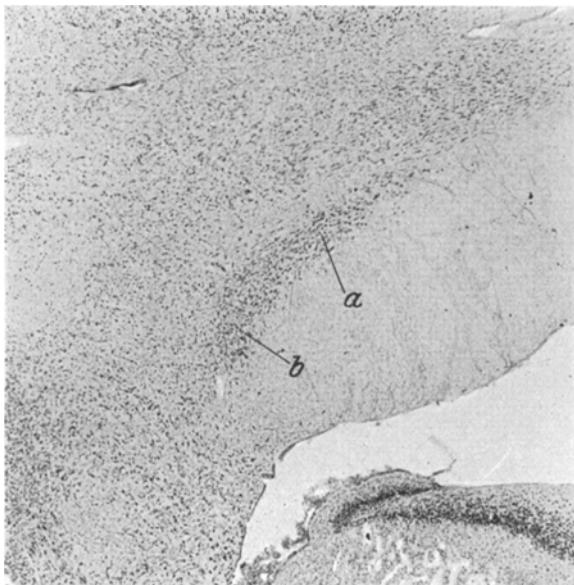


Abb. 28. Corpus subthalamicum der Katze, zweiteilig. Nisslpräparat.
Vergrößerung 19fach.

verschwindet dann zuerst der laterale Anteil c. In ganz ähnlicher Anordnung und bei weitem deutlicher noch sind diese *drei Teile beim Igel* zu finden.

Zum Vergleich bringe ich nun auf Abb. 26 das Corpus subthalamicum des *erwachsenen Menschen*. Man sieht ohne weiteres seinen so gut wie einheitlichen Gewebsbau. Es ist mithin *einfacher organisiert, als bei den eben genannten Säugetieren*¹. Bisher hatte man freilich das Corpus sub-

¹ Bei genauer Betrachtung findet man freilich auch beim Menschen, daß die Zelldichte nicht überall *ganz* gleich ist. Es scheint, als ob auch hier die Zellen medial gedrängter stehen (auf Abb. 26 links unten). Die Zellform selbst ist aber überall gleich. Von einer deutlichen Differenzierung kann nicht die Rede sein.

Zusatz bei der Korrektur: Inzwischen ersehe ich aus dem Referat über eine Arbeit von S. Kodama (Zbl. Neur. 55, 6, 1930) zur normalen Anatomie des Corpus Luysi beim Menschen, daß auch dieser Autor 2 Zonen unterscheidet. Seiner

thalamicum dieser Tiere auch für anatomisch einheitlich gehalten und es ist nun bemerkenswert, zu sehen, wie hier die auf feinste Strukturunterschiede zielende morphologische Betrachtungsweise unmittelbar ihre Notwendigkeit für die physiologische Fragestellung zeigen kann. *Karplus* und *Kreidl* haben 1908 bekanntlich durch Reizung lediglich des medialsten Teiles unseres Kernes bei der *Katze* die vegetative Funktion des Hypothalamus erstmals experimentell nachgewiesen. Sie haben später über jeden Zweifel hinaus sicher gestellt, daß allein eine *mediale, basal gelegene Stelle des Corpus subthalamicum* der Katze diesen Effekt hervorbringt. Irgendwelche vorüberziehende Bahnen spielen dabei keine Rolle. Die

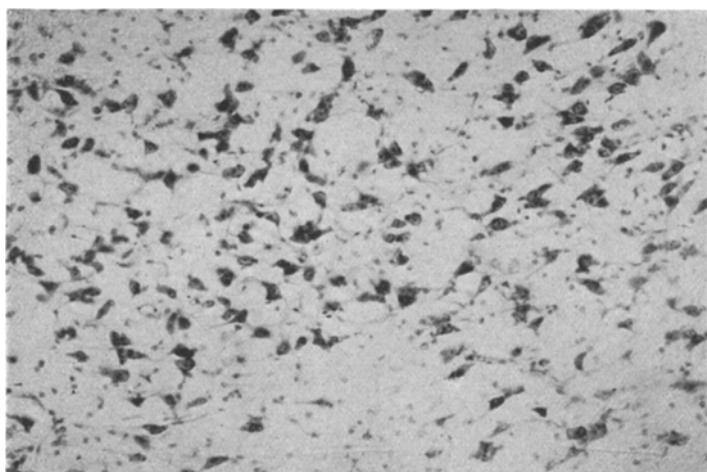


Abb. 29. Feinerer Bau des medialen Teiles b des Corpus subthalamicum der Katze.
Nisslpräparat. Vergrößerung 170fach.

Stelle, die sie meinen, ist auf ihrer Abbildung, die ich hier in *Abb. 27* wiedergebe¹, durch eine mit dem Stern bezeichnete Borste festgelegt. Bisher hatte man sich dieses Ergebnis mit dem angeblich anatomisch einheitlichen Bau des Kernes nicht zusammenreimen können. *Grevig* geht auf Grund dieser ungeprüften anatomischen Annahme so weit, die Versuchsergebnisse der beiden Autoren zu bezweifeln. *Abb. 28* zeigt nun, daß wir *bei der Katze ebenso wie beim Hund eine zweifache Struktur des Corpus subthalamicum* finden. Der mediale Teil b mit den zipfligen eng gestellten Nervenzellen entspricht genau jener von *Karplus* und *Kreidl* mit der Borste (Stern) bezeichneten Stelle. Die durchaus nicht unwesent-

Behauptung, daß der mediale, dichtere Teil besondere, kleine Nervenzellen enthalte, kann ich aber trotz eingehender Nachprüfung der Sachlage an mehreren Serien nicht beistimmen.

¹ Die Abbildung stammt aus *Karplus* und *Kreidl*: Gehirn und Sympathicus. II. Mitteilung. Pflügers Arch. 185, 401 (1910).

liche Differenz beider Zonen ergibt sich aus den *Abb. 29 und 30* bei starker Vergrößerung ohne weiteres. Meine eben wiedergegebene Ansicht wird durch neue Versuche nachzuprüfen sein. Ich bin aber schon jetzt der Überzeugung, daß wir hier einen unmittelbaren Beweis für die lokalisatorische und physiologische Brauchbarkeit einer die feinsten Strukturen berücksichtigenden anatomischen Beschreibung vor uns haben. Wir dürfen weiter annehmen, daß ganz allgemein die weitgehende morphologische Unterteilung des Säuger-Hypothalamus Ausdruck ebenso weitgehender funktioneller Unterteilung ist.

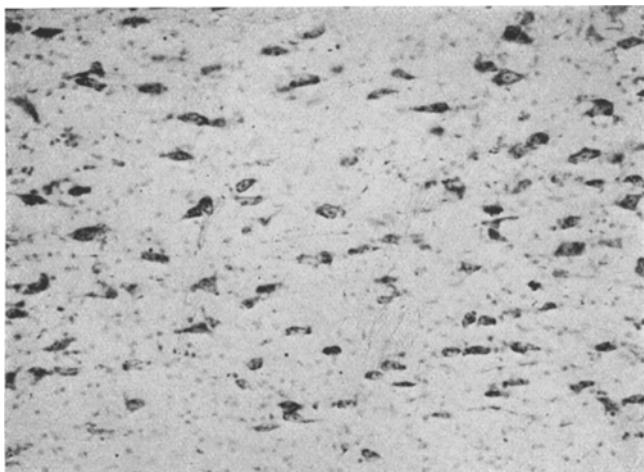


Abb. 30. Feinerer Bau des lateralen Teiles a des Corpus subthalamicum der Katze.
Nisslpräparat. Vergrößerung 170fach.

Aus der eben gegebenen vergleichenden Darstellung des Corpus subthalamicum geht hervor, daß *dieser Kern beim Menschen nicht dem ganzen Gebilde der niederen Säuger, sondern nur einem der Teile homolog zu setzen ist*. Wahrscheinlich ist dies nicht der vegetativ funktionierende mediale Anteil der Katze und des Hundes. Beim Menschen sind jedenfalls vegetative Störungen bei Verletzung des Corpus subthalamicum nicht mit Sicherheit beobachtet. Vielmehr scheint, wie auch Spatz betont, das motorische Syndrom des Hemiballismus darauf zu beziehen zu sein.

V. Zur Kenntnis der embryonalen Entwicklung der Zentren des menschlichen Hypothalamus.

(Dargestellt als schematisch gezeichnete Serie auf Abb. 41, S. 263—265.
Photogramme Abb. 31—36.)

Es wäre eine notwendige Aufgabe, die Histogenese des menschlichen Hypothalamus vom Beginn seiner Anlage bis zur endgültigen Form

zu verfolgen. Für die vorliegende Arbeit ist dies aber aus Mangel an geeignetem Embryonenmaterial noch nicht möglich. Ich beschränke mich in der Hauptsache darauf, den Bau zunächst bei einem etwa *10 bis 11 Wochen alten Fötus von 35 mm Steißscheitellänge* darzustellen an Hand einer gezeichneten Frontalserie und von Photogrammen. Ich habe



Abb. 31. Frontalschnitt 243 durch den Hypothalamus eines menschlichen Embryos von etwa 35 mm St.-Sch.-Länge. Sammlung Geh.-Rat Kallius. Hämatoxylin-Eosin. Vergrößerung 44fach.

aber daneben einige jüngere und ältere Föten untersucht, um einen vorläufigen Überblick zu gewinnen und kann sagen, daß man das Wichtigste bereits aus dieser einen Entwicklungsstufe im Vergleich zum Bau des Erwachsenen wird erkennen können.

Zur Methodik der cytoarchitektonischen Bearbeitung von frühembryonalem Gewebe ist vorauszuschicken, daß in unserem Gebiete die Abgrenzung von festen, streng umschriebenen Kernen mit besonderen Merkmalen kaum möglich ist. Es findet sich alles im Fluß und im

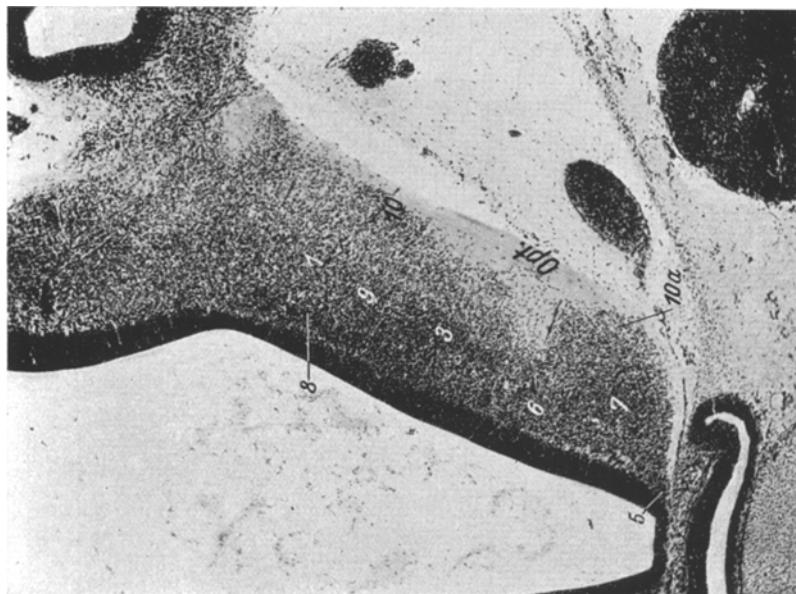


Abb. 32. Frontalschnitt 274 durch den Embryo von Abb. 31.
Sammnung Geh.-Rat *Kallius*.
Hämatoxylin-Eosin. Vergrößerung 44fach.

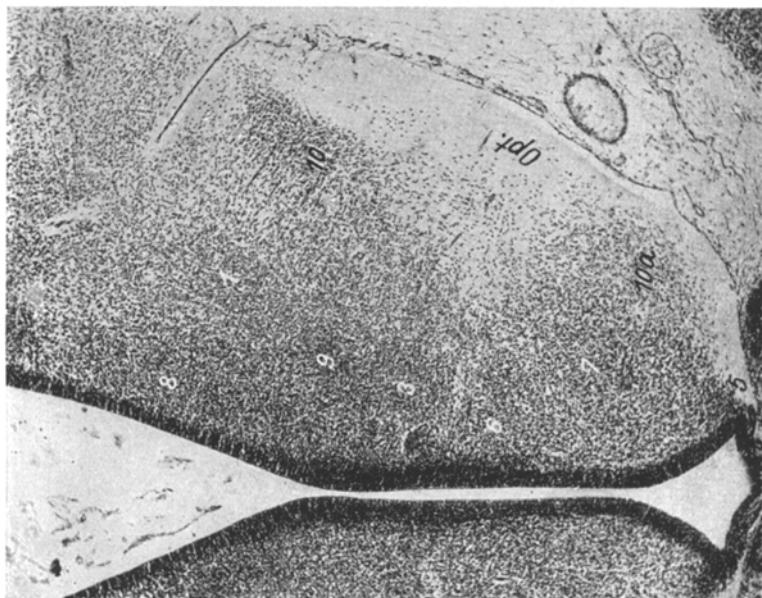


Abb. 33. Frontalschnitt durch den Hypothalamus eines menschlichen Embryos von 20 mm S.-Sch.-Länge. Die Stelle entspricht der des 35 mm langen Embryos auf Abb. 32 dargestellten. Sammlung Geh.-Rat *Kallius*. Hämatoxylin-Eosin. Vergroßerung 44fach.



Abb. 34. Frontalschnitt 311 durch den Hypothalamus des Embryos von Abb. 35. Frontalschnitt 376 durch den Hypothalamus des Embryos von
Abb. 31. Sammlung Geh.-Rat *Kalius*. Hämatoxylin-Eosin.
Vergroßerung 44fach.
Vergroßerung 44fach.

Werden, und die Zelldichte ist im ganzen sehr erheblich. Das Unterscheidungsmerkmal der besonderen Zellform fehlt ebenfalls, da Zelleib und Fortsätze auch bei *Nisslfärbung* unsichtbar bleiben. Man ist lediglich auf die Zellkerngröße und die Dichte der Zellagerung zur Abgrenzung von Gebieten angewiesen. Da man meist auch nicht über eine zweite Serie eines gleich großen Embryos verfügen wird, fällt die Vergleichsmöglichkeit fort. Es ist also von vornherein zu betonen, daß die Beschreibung äußerst schwierig und nur bei sorgfältiger wiederholter Durchsicht der ununterbrochenen Serie überhaupt einigermaßen sicher durchführbar ist. Selbst dann noch gibt es Gebiete, deren Abgrenzung unklar bleiben muß. Es kommt aber für die vorliegende Untersuchung hier wenigstens auch gar nicht so sehr darauf an, daß jede Einzelheit endgültig festgelegt wird. Dieses ist wahrscheinlich überhaupt fast unmöglich. Das gröbere ist aber, wie ich glaube, einigermaßen richtig gesehen, wie man aus den beigegebenen Photographien entnehmen kann. Die Schnittdicke der Serie beträgt 14 μ .

Die erste Zeichnung stellt mit *Schnitt 223* den oralsten Teil des Hypothalamus mit dem Beginn der Sehnervenkreuzung dar. Der der Ventrikelwand parallel laufende, gestrichelt umrandete Streifen grenzt stets die Matrix, aus der der Hypothalamus sich entwickelt, ab. Im Verhältnis zur Matrix der Großhirnbläschen desselben Gehirnes ist sie schmal und im Schwinden begriffen. *In der Rinde* ist entsprechend auch *noch keine wesentlich differenzierte Schichtung oder Felderung* zu entdecken. *Im Gegensatz dazu steht der Hypothalamus*. Wir finden in unserem Schnitt zwei deutlich in der Struktur unterscheidbare Gebiete. Auf dem folgenden *Schnitt 243*, der auf *Abb. 31* photographiert ist, unterscheidet man immerhin erkennbar genug das lockere breite Gebiet 1, dorsomedial davon den dichteren Kern 4, das sehr dichte Gebiet 3, basal daran anschließend den vorspringenden Kern 6. Über der Sehnervenkreuzung, die hier voll entwickelt ist, erscheint ein lockerer Zellhaufen 5, der in der Lage zweifellos dem Nucleus suprachiasmaticus der Säuger entspricht und sich beim erwachsenen Menschen nicht mehr findet.

Auf *Schnitt 257* ist 4 verschwunden, 5 kleiner geworden, basal Kern 7 erschienen, der bis weit kaudal in die Gegend des Corpus mamillare reicht. Er liegt wiederum jenem Gebilde vergleichbar, das etwa bei der Fledermaus die kaudale Fortsetzung des Nucleus suprachiasmaticus bildet und ganz ähnlich auch bei der Maus vorhanden ist.

Schnitt 268 (Photogramm *Abb. 32*) zeigt eine große Mannigfaltigkeit von nicht immer scharf, aber doch deutlich genug abgrenzbaren Feldern. Wir finden hier die letzte Spur von 5, darüber die Kerne, 7, 10 und 10a. Die beiden letzten sind sehr wahrscheinlich Teile des Nucleus supraopticus. Kern 8 stellt den Nucleus paraventricularis dar. Dazwischen liegen 3, 6 und 9, die man, wie die meisten übrigen, mit Kernen des

erwachsenen Menschen nicht homologisieren kann. *Abb. 33* bringt etwa dieselbe Gegend bei einem erheblich jüngeren Embryo von 20 mm Steißscheitellänge und einem Alter von etwa 7 Wochen. Es ist bemerkenswert, daß, wie das Photogramm zeigt, auch in diesem früheren Stadium genau die gleiche Differenzierung des Hypothalamus schon mit einiger Sicherheit feststellbar ist. Abweichend ist die recht erheblich dickere Matrix, der weitere Ventrikel und die bedeutend schmalere Anlage des Hypothalamus.

Schnitt 280 bringt nichts wesentlich neues. Dagegen finden wir auf *Schnitt 299* die Gebiete 11 und 12 vor (*Abb. 34*).

Schnitt 326 zeigt neu die Kerne 13, 14, 15. Auf den späteren dargestellten Schnitten befinden wir uns bereits im Gebiete des Corpus mamillare. Hier bleibt zunächst vieles unklar und ich unterlasse die ins einzelne gehende Beschreibung. Bemerkt sei nur, daß das *Corpus subthalamicum* (17) (s. Photogramm von *Schnitt 376 Abb. 35*) auffallend groß erscheint. Es ist in starker Vergrößerung auf *Abb. 36* dargestellt und zerfällt deutlich in die zwei Zonen *a* und *b*. Beim erwachsenen Menschen verliert es, wie wir sahen, diese Differenzierung und ist fast völlig einheitlich in seinem Zellbau. Im übrigen ist der caudalste Teil des Hypothalamus nicht sehr erheblich gegliedert, kaum mehr als im erwachsenen Zustand.

Ein weiteres Eingehen auf den Verlauf der Entwicklung unterlasse ich zunächst. Soviel ist nur noch zu sagen, daß der *Thalamus* bei dem geschilderten Fötus noch außerordentlich wenig differenziert erscheint, geringer als der Hypothalamus. Andererseits ist in diesem frühen Stadium die Organisationsanlage der hypothalamischen Zentren in gewissen Teilen dem endgültigen Aufbau beim erwachsenen Menschen außerordentlich unähnlich. Zunächst fällt vor allem in den oralen und mittleren Abschnitten die viel größere Zahl von kernartigen Zellanhäufungen auf. Es sind hier im ganzen 17. Auf *Abb. 42* (S. 266—267) habe ich, schematisch gezeichnet, eine Serie vom *Hypothalamus des Erwachsenen* dargestellt. Hier finden sich in Übereinstimmung mit den Darstellungen des menschlichen Hypothalamus von *Malone* und auch *Gagel* nur etwa 9 verschiedene Gebiete. Die Anordnung vereinfacht sich also zweifellos im Laufe der Entwicklung. Zu welchem Zeitpunkt der endgültige Umbau stattfindet, ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen. Der größte Embryo, den ich untersuchen konnte, hatte etwa 80 mm Steißscheitellänge, war mithin ungefähr 4 Monate alt. Hier ist die Zelldichte bereits erheblich geringer, die oben beschriebenen Zellhaufen sind nur noch teilweise deutlich. Der Umbau scheint also bereits im Gang zu sein.

Homologisierungen der embryonalen mit den endgültigen Kernen sind nur, soweit es oben schon angedeutet ist, mit Sicherheit möglich, also in der Hauptsache für den Nucleus supraopticus und paraventricularis, das *Corpus subthalamicum* und einigermaßen für das *Corpus mamillare*. Einzelne Gebiete erinnern, worauf ich schon hinwies, an Kerne, wie sie

bei niederen Säugern sich fanden. Sie verschwinden beim erwachsenen Menschen. Als Ähnlichkeit mit den Verhältnissen bei gewissen Säugetieren kann weiterhin die unpaare äußere Gestalt des Corpus mamillare beim jungen Embryo gelten. Der Recessus inframam. fand sich ebenfalls bei der Maus angedeutet. Aus welchen embryonalen Zellgruppen sich andererseits die Tuberkerne und der Nucleus mamillo-infundibularis des erwachsenen Menschen herausbilden, wird vorläufig nicht deutlich.



Abb. 36. Corpus subthalamicum des 35 mm langen Embryos aus einer dichten Zone a und einer lockeren b bestehend. Sammlung Geh.-Rat Kallius. Hämatoxylin-Eosin. Vergrößerung 98fach.

Bemerken möchte ich an dieser Stelle noch, daß der Zellaufbau des Mittelhirnes bei dem oben geschilderten Embryo bereits dem endgültigen Zustand weitgehend entspricht.

Recht eindrucksvoll unterschieden vom Hypothalamus der niederen Säuger und des Embryos ist dieser Hirnteil beim erwachsenen Menschen durch seine *große Zellarmut*¹ und die *mangelnde Organisierung* der räumlich sehr ausgedehnten Teile zwischen der Sehnervenkreuzung und dem Corpus mamillare. Hier herrscht beim Erwachsenen das nur andeutungsweise differenzierte Höhlengrau, sowie die zellarme einförmige Substantia reticularis vor. Dies wird anschaulich durch die Abb. 37, die die Gegend

¹ Bei der Maus hat der Hypothalamus neben der Rinde wohl die größte Zell-dichte im Hirn!

des Nucleus paraventricularis (3) und des vordersten Teiles des Nucleus supraopticus (2) wiedergibt, zwischen denen bei der Maus z. B. sich zahlreiche Kerne fanden. Ich habe hier einen Schnitt abgebildet, auf dem nun allerdings an der bezeichneten Stelle die mit *x* und *y* bezeichneten Kerne erscheinen. Sie sind meines Wissens bisher als *Bestandteile des Hypo-*



Abb. 37. Frontalschnitt durch den vordersten Teil des Hypothalamus beim erwachsenen Menschen. Erläuterungen im Text. Nisslpräparat. Vergrößerung 19fach, also ein Drittel der entsprechenden Bilder bei Maus und Fledermaus in dieser Arbeit.

thalamus beim Menschen noch nicht beschrieben worden, finden sich aber an dieser Stelle stets, wie ich an mehreren Serien feststellen konnte. Ob sie jedoch mit Sicherheit zur Regio hypothalamica zu rechnen sind, wage ich noch nicht zu entscheiden. Vielmehr muß man erwägen, ob sie nicht zu der lateral sich anschließenden Rinde gehören. Ich habe sie deshalb in das Schema vom erwachsenen Menschen nicht eingezeichnet. Zu diesem Schema ist noch zu bemerken, daß ich im Corpus mamillare den Nucleus griseus, den Gagel im Anschluß an Greving beschreibt, bisher

nicht sicher habe finden können. Die Zweiteilung des Höhlengraues beim Menschen (I und Ia), wie sie auch auf dem Photogramm Abb. 37 ersichtlich ist, hat bereits Malone angedeutet. Er sagt auf Seite 26 seiner Arbeit¹ vom Höhlengrau: „Die Hauptmasse liegt am Ventrikelseptum medial von der Fornixsäule und auch ventral von letzterer. In dieser Gegend liegen die Zellen sehr gedrängt, aber dorsalwärts und auch lateralwärts liegen die Zellen lockerer.“ Es ist, wie schon erwähnt, nur eine ganz geringgradige Verdichtung in der Lage der Zellen, die ich als Ia bezeichne. Sie erscheint mir aber deutlich.

VI. Übersicht über die Ergebnisse. Physiologische und psychologische Schlußfolgerungen.

Um einen geordneten Überblick der jetzigen vergleichend anatomischen Kenntnisse über die Zentren des Hypothalamus zu gewinnen, sind auf Tabelle 1 (S. 256) von den bisher genügend untersuchten Säugetieren und dem Menschen sämtliche Kerne vergleichbar zusammengestellt. Dabei wird man bei den Aufstellungen für den Menschen, Cercopithecus und Hund im Vergleich zu der am Schluß meiner Arbeit über den Hundehypothalamus gegebenen Tabelle Verschiedenheiten finden. Ich habe jetzt alle nicht ganz sicher zum Hypothalamus morphologisch gehörenden Gebiete fortgelassen. Namen sind für alle Gebiete nur beim Menschen, dem Cercopithecus und dem Hund vorhanden. Bei den übrigen Tieren habe ich die Namengebung unterlassen. Man kann sich nach der Nummer, die in der Reihenfolge des Auftretens gezählt ist, an Hand der Zeichnungen, Photogramme und der Beschreibung leicht orientieren. Nur die Kerne, die einigermaßen sicher zu homologisieren sind, haben den entsprechenden Namen beigeschrieben. Man ersieht aus dem Fehlen der Namen, wieviel neue Gebiete und Kerne vom Hund abwärts in der Säugetierreihe hinzukommen und wo ungefähr diese Kerne liegen. Es sind vor allen Dingen die mittleren Teile des Hypothalamus bei Maus und Fledermaus, in denen sich die Lücken finden. Bei diesen Tieren besteht er aus etwa doppelt so viel unterschiedbaren Gewebsabschnitten, wie beim Hund. Er enthält im Vergleich zum Menschen etwa das Dreifache.

Es scheint sich hier, soweit man das jetzt schon sagen kann, um ein gesetzmäßiges Verhalten zu handeln, daß der Hypothalamus in der absteigenden Säugetierreihe an Differenzierung zunimmt, beim Menschen am einfachsten gebaut ist. Weiter kann man aber noch behaupten, daß unser Gebiet innerhalb der einzelnen Unterklassen der Säuger sich einigermaßen gleicht, zwischen den Unterklassen aber erheblich Unterschiede bestehen. Innerhalb der einzelnen Klassen selbst, — ich habe von den Carnivoren Hund und Katze, von den Rodentien Maus und Kaninchen

¹ Malone: Über die Kerne des menschlichen Dimocephalon. Abh. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 1910, Anhang.

vergleichen — finden sich jeweils nur im einzelnen gewisse Abweichungen. So besteht bei der *Katze im Gegensatz zum Hund* neben einigen Unterschieden in den Größenverhältnissen der Kerne an Stelle der Zona pigmentosa ein großzelliger gut umschriebener Kern, der das schwarze Pigment des Hundes nicht enthält. Auch das Corpus mamillare ist etwas anders gebaut, es enthält bei der Katze zwei Kerne, während es beim Hund einheitlich ist. *Der Grundplan* ist aber, wie schon bemerkt, *bei der Katze und beim Hunde derselbe* und nur innerhalb der Gruppe im einzelnen vergleichbar.

Hiermit ist auch schon gesagt, daß man mit *Homologisierungen von Gruppe zu Gruppe äußerst vorsichtig* sein muß und nur bei ganz charakteristischen Kernen überhaupt seiner Sache sicher sein wird. Weitgehender, als es die Tabelle zeigt, sind sie jetzt jedenfalls kaum vertretbar. Selbst dabei muß man sich bewußt sein, daß einzelnes vielleicht nur vorläufig ist. So sind z. B. die bei Hund, Maus und Fledermaus als: Nucleus Mamillo-Infund. ? bezeichneten Gebiete durchaus nicht sicher mit den ebenso benannten untereinander sich sehr ähnlichen Kernen beim Menschen und niederen Affen gleichzusetzen. Gewisse Gründe sprechen nur für die Möglichkeit. Die *Nuclei tuberis* sind sogar sicher beim Menschen und niederen Affen nicht homolog zu setzen. Dagegen scheint das für den Cercopithecus und den Hund der Fall zu sein. Bei Maus und Fledermaus wiederum gibt es auch dazu sichere Gleichsetzungen nicht. Das, was *Spiegel* und *Zweig* in der Säugetierreihe als Tuberkerne benannten, dürfte ebenfalls unter sich verschieden sein. Es ist mit leider nach den Zeichnungen, die sie geben, nicht möglich, die von ihnen gemeinten Kerne im einzelnen sicher festzustellen.

Wichtig ist nun zu finden, welches die *konstantesten Bildungen* innerhalb des Hypothalamus sind, d. h. welche unter den zahlreichen Gebieten der niederen Säugetiere sich die Reihe hindurch aufwärts bis einschließlich zum Menschen verfolgen lassen. Darüber gibt Auskunft das Schema auf Abb. 38. Es zeigt jeweils den Hypothalamus ganz grob schematisiert auf einem Paramedianschnitt. Die vordere Begrenzung bildet basal die Sehnervenkreuzung, dorsal die vordere Commissur. An der Basis sieht man weiter das Infundibulum und den Hirnanhang, als hintere Grenze das Corpus mamillare. Dorsal wird das Gebiet durch den Thalamus schräg abgegrenzt, mitten hindurch zieht diagonal die Fornixsäule. Es sind auf jedem Schema in eine Ebene projiziert die vorhandenen Zellverbände mit den Nummern der Tabelle 1 etwa dort eingetragen, wo sich ihr oraler Beginn befindet. Man sieht nun, wie sich beim Menschen, der die geringste Nummerzahl aufweist, am oralen Beginn der hypothalamischen Region eine Gruppe von drei, am kaudalen Ende von vier Kernen findet. Die mittleren Gegenden weisen lediglich basal zwei Kerne auf und sind sonst leer. *Die orale und caudale Gruppe des Menschen* ist nun allein mit Sicherheit *bei allen bisher untersuchten Säugern immer*

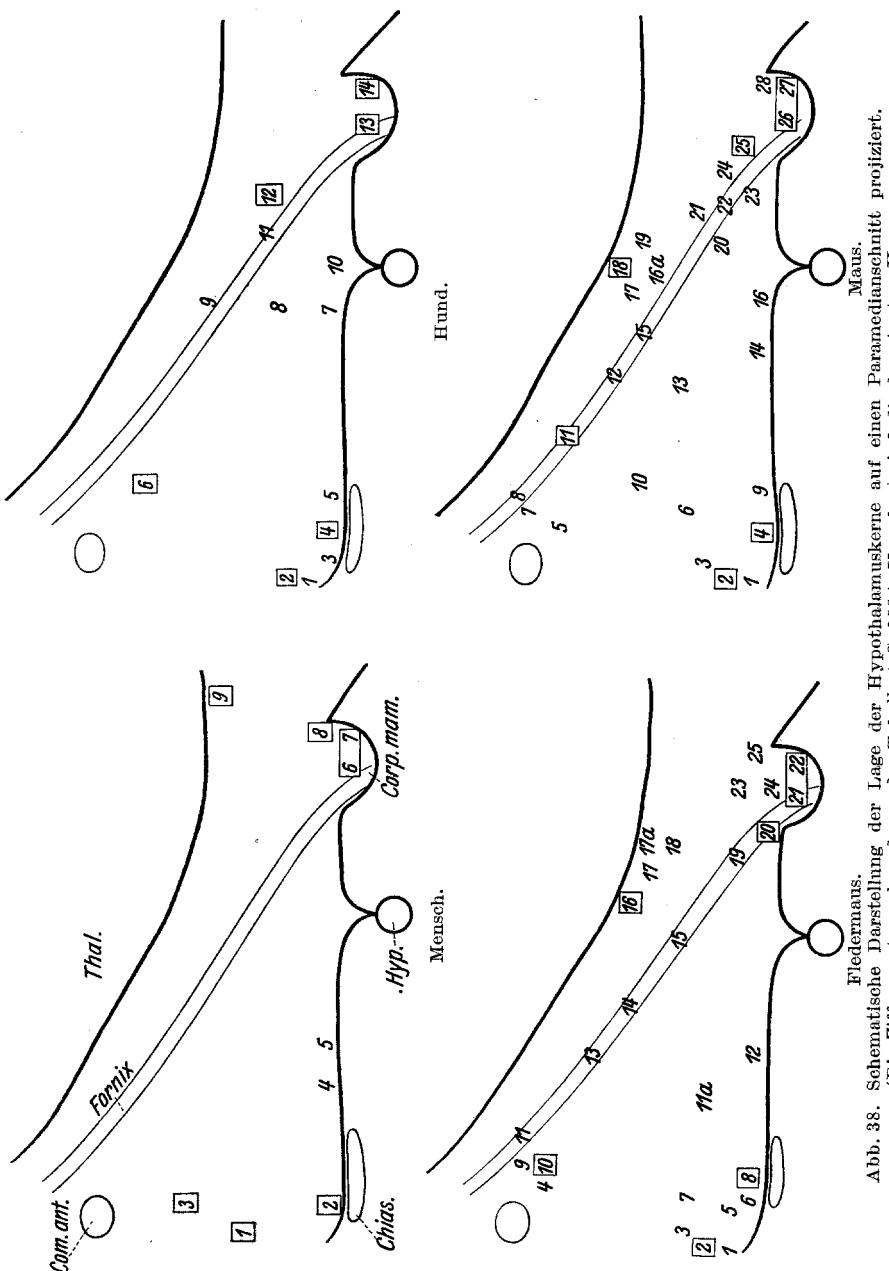


Abb. 38. Schematische Darstellung der Lage der Hypothalamuskerne auf einen Paramedianabschnitt projiziert.
(Die Ziffern entsprechen denen der Tabelle 1 S. 256.) Umrahmt sind die konstanten Kerne.
Maus.
Fledermaus.

wieder in etwa der gleichen Anordnung festzustellen. Die dazu gehörigen Kerne sind auf allen Schemata durch Umrahmung kenntlich gemacht, so daß man sich von dieser Tatsache mit einem Blick überzeugen kann. Alles, was in den Zwischengebieten bei den einzelnen Unterklassen erscheint, ist mit Wahrscheinlichkeit nur bei gewissen Klassen oder gar nicht zu homologisieren. Die orale und caudale Gruppe bilden das feste Gerüst, alles übrige ist für die Unterklassen weitgehend, bei den einzelnen Arten innerhalb einer Unterkategorie immer noch merklich variabel.

Die sicher in der ganzen Reihe wieder erkennbaren und in der Hauptsache in der Lage und in weiteren Grenzen in der Struktur sich gleichbleibenden Zellverbände sind *oral*: das *Höhlengrau*, das allerdings beim Menschen weniger differenziert ist als bei den niederen Säugern, der *Nucleus supraopticus* und *paraventricularis*, *caudal*: das meist zweigeteilte *Corpus mamillare*, der *Nucleus intercalatus*, sowie das *Corpus subthalamicum*. Diese beiden Hauptgruppen sind offenbar für die Säuger in dieser Anordnung notwendig, die variable mittlere Gruppe dagegen ist jeweils in ihrer Verschiedenheit charakteristisch für die Unterklassen, sowie deren einzelne Unterarten.

Diese Unterschiede sollen nun im einzelnen betrachtet werden. Beim Menschen sind außer der *oralen und caudalen Hauptgruppe*, wie diese konstantesten Bestandteile genannt sein sollen, lediglich der *Nucleus mamillo-infundibularis* und die *Tuberkerne* vorhanden. Davon ist homolog zu setzen der erste mit dem entsprechenden Kern beim *Cercopithecus*, nicht aber sicher mit den gleich benannten Kernen bei den niederen Säugern. Die *Tuberkerne* des Menschen finden kein Homologon bei den übrigen Säugern. Es ist also von dieser mittleren Gruppe beim Menschen nur ein Kern zu homologisieren. Gemeinsam fehlen beim Menschen und *Cercopithecus* der bei allen anderen Säugern wohl zu findende *Nucleus suprachiasmaticus* und der *Nucleus supramamillaris*. Dem Menschen fehlt außerdem allein der *Nucleus pedamenti lateralis*, der sich wahrscheinlich bei allen anderen untersuchten Säugern findet.

Cercopithecus und Hund haben gemeinsam die *Tuberkerne* als Verdichtungen eines Teiles des Höhlengraues, der *Nucleus pedamenti lateralis* ist bei beiden sicher homolog, das *Corpus mamillare* zeigt bei beiden nur einen Kern. Es sind zwischen den beiden Klassen der niederen Affen und Carnivoren also in der variablen Gruppe mehr Gemeinsamkeiten feststellbar, als zwischen den niederen Affen und dem Menschen. Andererseits findet man zwischen dem sehr viel stärker differenzierten *Hypothalamus der Nagetiere und der Fledermaus* wiederum eine größere Zahl sicherer Gemeinsamkeiten. Der *Nucleus pedamenti lateralis* ähnelt sich bei beiden außerordentlich. Das *Corpus subthalamicum*, das beim Menschen und *Cercopithecus* einheitlich, beim Hund zweiteilig gebaut ist, weist hier drei Unterfelder auf. Maus und Fledermaus haben innerhalb

des Nucleus mamillo infundibularis? eine kernartige Verdichtung, beide weisen basomedial im caudalen Teile einen bis zum Corpus mamillare reichenden kleinzelligen Kern auf.

Man kann also, soweit das aus den bisher untersuchten Material möglich ist, drei verschiedene Baupläne im variablen Teile des Hypothalamus bei den Säugern unterscheiden. Die vielgestaltigste Gruppe findet sich bei Maus und Fledermaus, eine mittlere Differenzierung dieser variablen Gruppe zeigen die Carnivoren, der Cercopithecus und wahrscheinlich auch die Ungulaten, wie ich nach vorläufiger Untersuchung sagen kann. Für sich steht der Mensch mit dem am geringsten gegliederten Hypothalamus. Daß es sich auch hier ursprünglich um einen frühzeitig in der embryonalen Entwicklung vielfältiger aufgeteilten Hirnabschnitt handelt, ist in dem entsprechenden Teile dieser Arbeit gezeigt worden. Wir stehen somit vor der Tatsache, daß sich beim Hypothalamus Ontogenese und Phylogenie umgekehrt wie bei dem dorsalen Zwischenhirnabschnitt (Thalamus) und bei der Großhirnrinde verhalten. Diese Hirnteile machen eine Größenentwicklung und Höherdifferenzierung durch, wie sie sonst kein Organ aufzuweisen vermag. Die Zahl der im Thalamus sichtbaren Kerne beträgt beim Kaninchen nach Nissls Befunden etwa 15, bei der Katze, deren Thalamus im Atlas von Winkler und Potter sehr eingehend dargestellt ist, etwa 26 und beim Cercopithecus nach Cécile Vogt etwa 41. Die Kerne sind hier also beim letztgenannten Tiere mehr als doppelt so zahlreich wie beim Kaninchen. Der Hypothalamus weist genau das umgekehrte Verhältnis auf: Die Maus, die dem Kaninchen sich ähnlich verhält, hat 32, der Cercopithecus 16 Kerne. Dabei ist zu vermerken, daß die höhere Organisierung bei den niederen Säugern an einem erheblich kleineren Organ auf winzigem Raum stattfindet. Die Differenzierung des Endhirnes jedoch geht mit gewaltiger Vergrößerung des Organes einher und ist selbstverständlich viel weitgehender. Bei der Maus verhalten sich die Hypothalamusteile zu den Rindenfeldern, die Rose¹ kürzlich eingehend dargestellt hat, wie 32 zu 55, also etwa wie 1,2 zu 2, beim Menschen aber wie 9 zu vielen hunderten von Feldern.

Nun finden sich beim Menschen und auch bei manchen Säugern gewisse Rindenregionen, die ebenfalls einfacher gestaltet sind, als bei niederen Vertretern derselben Klasse und man könnte meinen, die Vereinfachung des Hypothalamus hänge etwa damit zusammen. Diese Rindenfelder scheinen lediglich Sinnesendstätten zu sein, die entsprechend der geringeren Funktionstüchtigkeit von Sinnesorganen sich zurückbilden. Es handelt sich beim Menschen in der Hauptsache, wie Rose eingehend begründet hat, um Verkümmерung des Riechkolbens und der

¹ Rose: Cytoarchit. Atlas der Großhirnrinde der Maus. Journ. f. Psych. u. Neurol. Bd. 40, 1929.

entsprechenden Teilen der Riechrinde (Regio praepyramidalis, Tuber olfactum). Jedoch sind schon gewisse andere Teile der Riechrinde (Area diagonalis, Regio periamygdalearis) beim Menschen gut entwickelt. Diese Gebiete haben aber wohl kaum wesentliche Verbindungen mit dem Hypothalamus, dagegen das Ammonshorn durch den Fornix. Dieses gilt ja auch als Riechrinde, nach Roses Forschungen aber wohl zu unrecht. Gerade das Ammonshorn und der anschließende Hippocampus sind beim Menschen keinesfalls rückgebildet, teilweise sogar erheblich feiner organisiert als bei den Säugetieren. Mit diesen Rindenteilen ist das Corpus mamillare verbunden, dessen Struktur, wie wir sehen, ziemlich unverändert bleibt. Ich glaube deshalb, es handelt sich bei der Vereinfachung des Hypothalamus, soweit man bis heute sieht, um einen innerhalb des Säugetiergehirnes für sich bestehenden Vorgang, der nicht nur morphologisch, sondern auch auf physiologischem und psychologischem Gebiete von grundsätzlicher Wichtigkeit sein kann.

Man kann heute auf Grund eines genügenden Tatsachenmaterials annehmen, daß der Hypothalamus in der Hauptsache die zentralste Steuerung für die unmittelbar lebenswichtigen vegetativen Funktionen enthält. Es läßt sich dann auf Grund der morphologischen Verhältnisse zweifellos behaupten, daß *beim niederen Säugetier diese vom Hypothalamus erfolgenden Steuerungen erheblich vielfältiger erfolgen, in dreimal soviel Teilfunktionen zerlegt sind, als beim Menschen*. Es liegt weiter nahe anzunehmen, derartige Teilleistungen seien bei höher entwickeltem Thalamus und Endhirn von diesen Hirnteilen übernommen. Hierüber wissen wir allerdings nichts Endgültiges. Bisher sind vegetative Funktionen des Thalamus weder beim Menschen noch durch das Tierexperiment sicher erwiesen, wie Spatz¹ ausgeführt hat. Von der Hirnrinde aus werden möglicherweise nach unseren heutigen Kenntnissen² beim Menschen und bei gewissen Säugern nur die nicht unmittelbar lebenswichtigen Funktionen vegetativer Art (Motorik der glatten Muskulatur, Drüsensekretion) beeinflußt. Man könnte nun, allerdings bisher ohne tatsächlichen Anhalt annehmen, diese letzten Funktionen seien bei den niederen Säugern von den höher differenzierten mittleren Hypothalamusteilchen, der variablen Gruppe also, abhängig. Die durchgehend vorhandene caudale und orale Hauptgruppe versorgte stets die unmittelbar lebenswichtigen Stoffwechselvorgänge. Dagegen wäre zu sagen, daß für die Schweiß- und Pupilleninnervation ja bei gewissen Säugern das zur konstanten Gruppe gehörige, differenziertere Corpus subthalamicum als bedeutsam nachgewiesen worden ist.

¹ Spatz, H.: Physiologie und Pathologie der Stammganglien. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 10, S. 371.

² Spiegel, E. A.: Die Zentren des autonomen Nervensystems. 1928, S. 142.

Wie dem auch sei, sicher scheint, daß unser Hirnteil bei der Maus ein erheblich feiner abgestimmter und organisierter Gesamtapparat ist als beim Menschen und daß er eine wesentlich wichtigere Rolle bei der Maus als beim Menschen dem Thalamus und der Rinde gegenüber spielt. Das erhellt ja unmittelbar aus den oben wiedergegebenen Zahlen. Diese Tatsache bleibt auch ohne spekulativen Überbau wertvoll und gibt zu denken. Sie macht unmittelbar darauf aufmerksam, daß *das Tierexperiment am Hypothalamus nur unter großem Vorbehalt und bei Kenntnis der jeweiligen besonderen anatomischen Verhältnisse zu werten ist. Rückschlüsse auf den Menschen sind zunächst kaum möglich.* Das Studium der verwickelteren vegetativen Steuerung beim Tiere ist ein gesondert zu bearbeitendes Gebiet mit eigener Problemstellung. *Es ist eine vergleichend lokalisatorische Physiologie des Hypothalamus zu schaffen.*

Nimmt man weiter mit Reichardt an, daß die als *Triebelben* bezeichnete dynamische Komponente des Seelischen irgendwie im Zusammenhang steht mit dem Hirnstamm und dessen vegetativer Funktion, so scheint es nicht allzu gewagt, das doch wohl überwiegend *triehaft* planvolle und zweckmäßige, „gleichsam“ intelligente Verhalten der niederen Säuger auf die hohe Differenzierung des Hypothalamus zu beziehen. Hinter den elementaren Trieben (Geschlechtstrieb, Nahrungstrieb, Bewegungsdrang, Fluchtreaktion bei Schreck und Angst, Angriffstrieb im Affekt u. a.) stehen richtungsgebend unmittelbar körperliche, vegetative Bedürfnisse und Empfindungen, die vom Hypothalamus mindestens weitgehend abhängig sind und zentral reguliert werden. Diese Triebe könnten also vorwiegend von diesem beim niederen Säuger so bedeutsamen Hirnzentrum ohne wesentliches Eingreifen einer erheblich höher differenzierten Rindenfunktion zweckmäßig gesteuert werden. Damit wären die Stätten, gegeben, welche in ihrer Mannigfaltigkeit die den Trieben zugrunde liegenden körperlich vegetativen Funktionen in Verlauf, Stärke, Art und Ineinanderspielen aufs feinste bestimmen. Man könnte die gegenüber dem Menschen höhere Entwicklungsstufe des Hypothalamus der niederen Säuger im Sinne von *von Kries*¹ als Ausdruck höherer „Befähigung für bestimmte Formen psychophysischer Verwertung“ d. h. hier also ihrer besseren Ausnutzung zu Gunsten des Triebelbens auffassen. Es ist damit nicht gesagt, daß jene Triebe von *diesem* morphologischen Substrat allein und einzlig abhängen. Aber hier ist einer ihrer Orte festgestellt. Von dieser Stelle aus könnte der Sprung über die brückenlose Kluft vom Körperlichen zum primitivsten Seelischen, wenn überhaupt, am ehesten einmal gewagt werden.

¹ *von Kries:* Allgemeine Sinnesphysiologie. 1923, S. 56.

Tabelle 1. Zellauflauf des Hypothalamus. (Zugleich Erläuterung der Abb. 38—42.)

	<i>Mensch:</i>	<i>Hund:</i>	<i>Maus:</i>	<i>Fledermaus:</i>
	<i>Cercopithecus:</i>			
1	Höhlengrau.	1 Höhlengrau a.	1 Höhlengrau a.	1 Höhlengrau a.
2	N. supraopt.	2 Höhlengrau b.	2 Höhlengrau b.	2 Höhlengrau b.
3	N. paraventr.	3 N. suprachiasm.	3	3
4	N. tuberis.	4 N. mamillo-infund.	4 N. supraopt.	4
5	N. mamillo-infund.	5 N. supraopt.	5	5
6	C. mam. med.	6 N. paraventr.	6 } N. mamillo-infund. ?	5a } N. mamillo-infund. ?
7	C. mam. lat.	7 N. ant. ped. lat.	6a }	5a }
8	N. intercalat.	8 Z. pigm. hypothalam.	7	6 N. suprachiasm.
9	C. subthalamicum.	9 N. ant. ped. lat.	7	7
9		10 N. post. ped. lat.	8	8 N. supraopt.
		10a } C. subthalamicum.	9 N. suprachiasm.	9
		10b }		
11	C. subthalamicum.	11 C. mamm.	10 N. paraventr.	10 N. paraventr.
12	Stratum super-	11 N. paraventr.	11	11
	opticum.	12 N. intercalatus.	11a	
12		12 N. supramam.		
		13 N. ped. lat.		
		14 Kern 4. im Pes ped.		
		15		
		16		
		16a Kern im Pes. ped.		
		17		
		18a } C. subthalam.		
		18b }		
		18c }		
		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25 N. intercalat.		
		26 C. mamm. med.		
		27 C. mamm. lat.		
		28 N. supramam.		
				30
				32

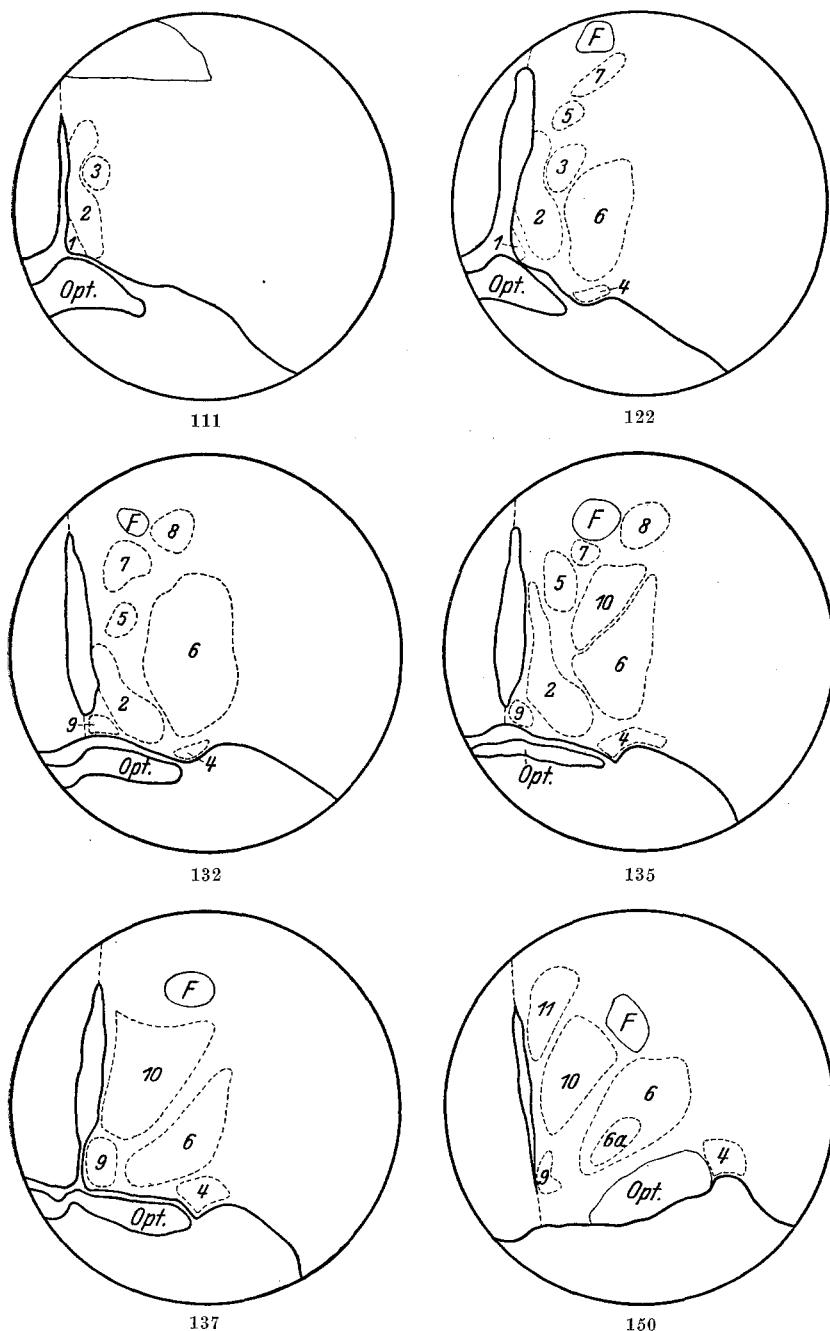
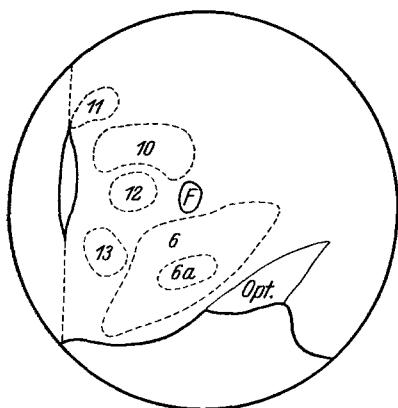
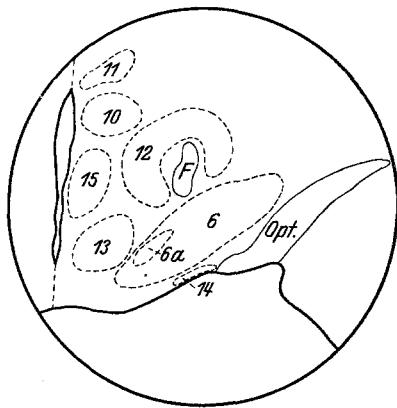


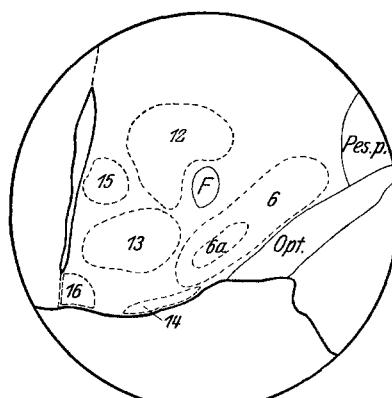
Abb. 39. (Text siehe S. 259.)



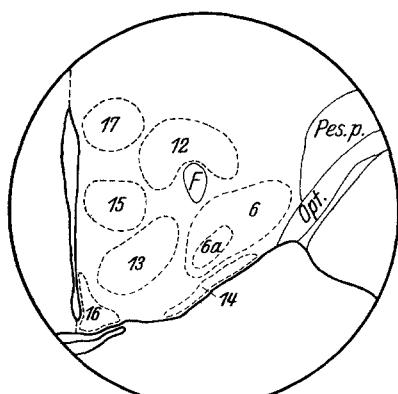
164



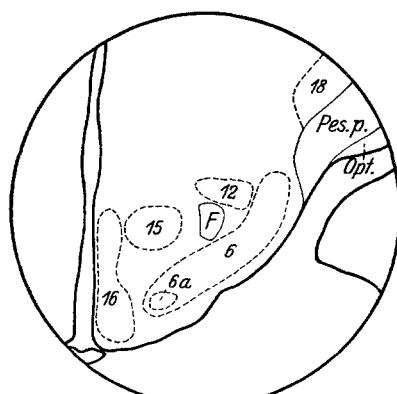
165



174



180



199

Abb. 39. (Text siehe S. 259.)

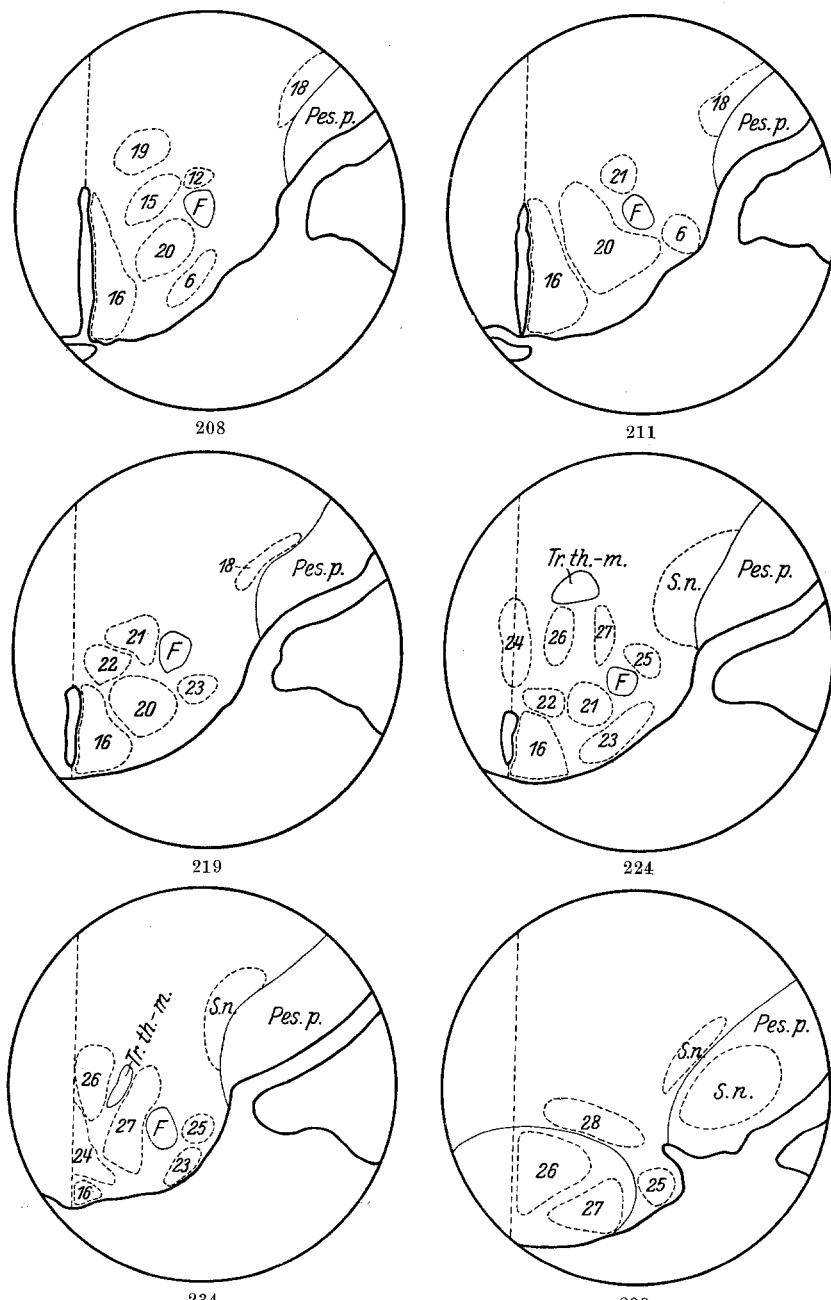


Abb. 39. Schematische Darstellung des Zellaufbaues im Mäusehypothalamus nach einer Frontalserie. Die Ziffer unter jeder Zeichnung entspricht der Nummer des Schnittes. Opt. Sehnerv; F. Fornix; Pes.p. Hirnschenkelfuß; Tr.th.m. Tractus thalamo-mamillaris; S.N. Substantia nigra. Benennung der Kerne siehe Tabelle 1, S. 256.

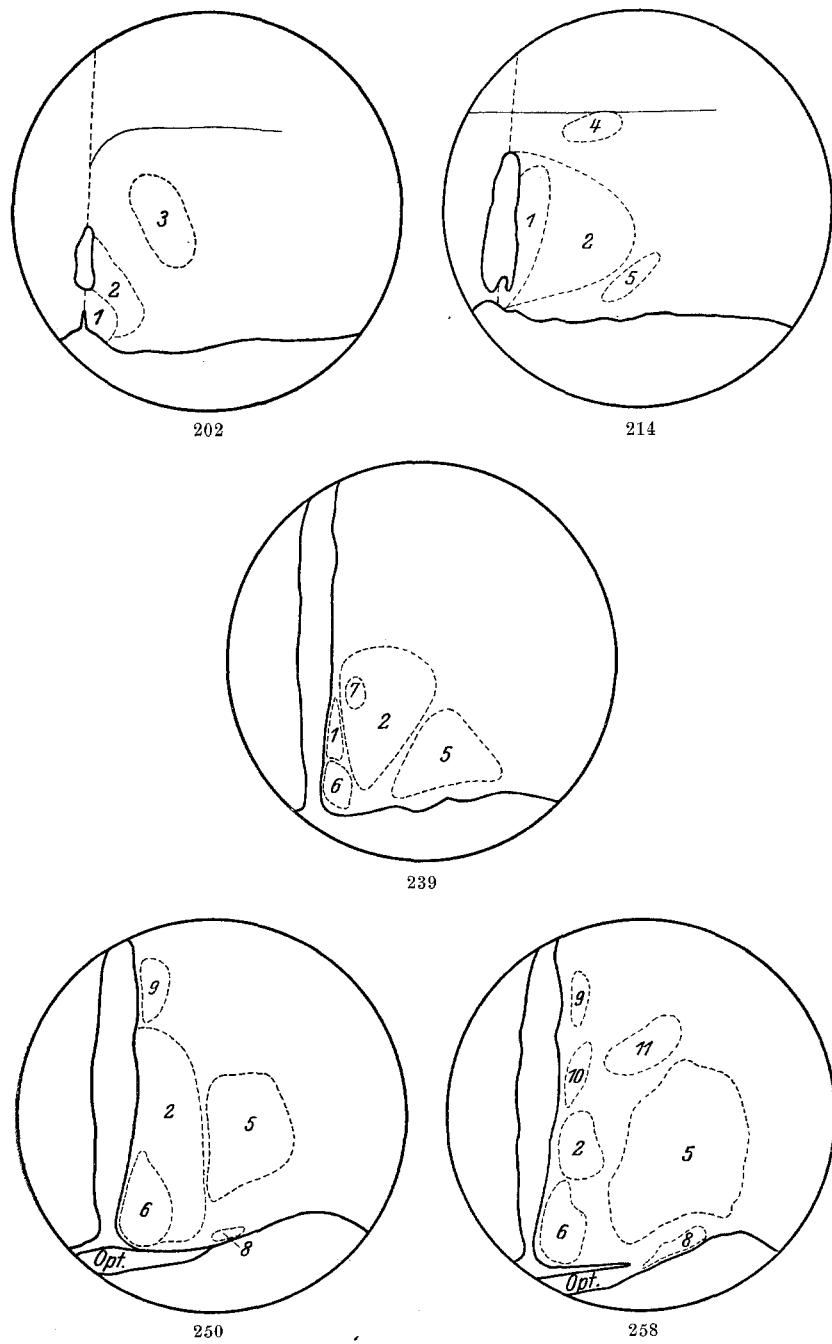


Abb. 40. (Text siehe S. 262.)

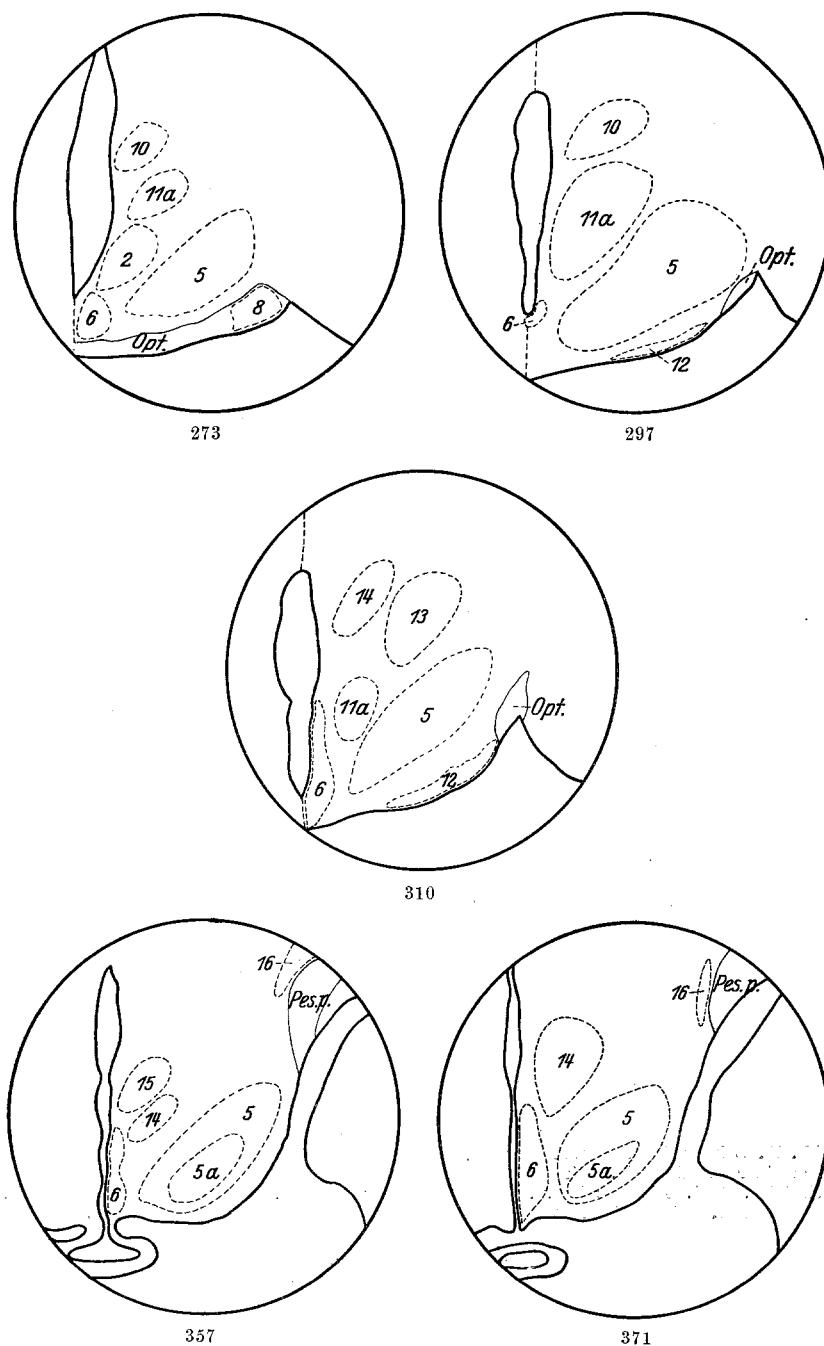


Abb. 40. (Text siehe S. 262.)

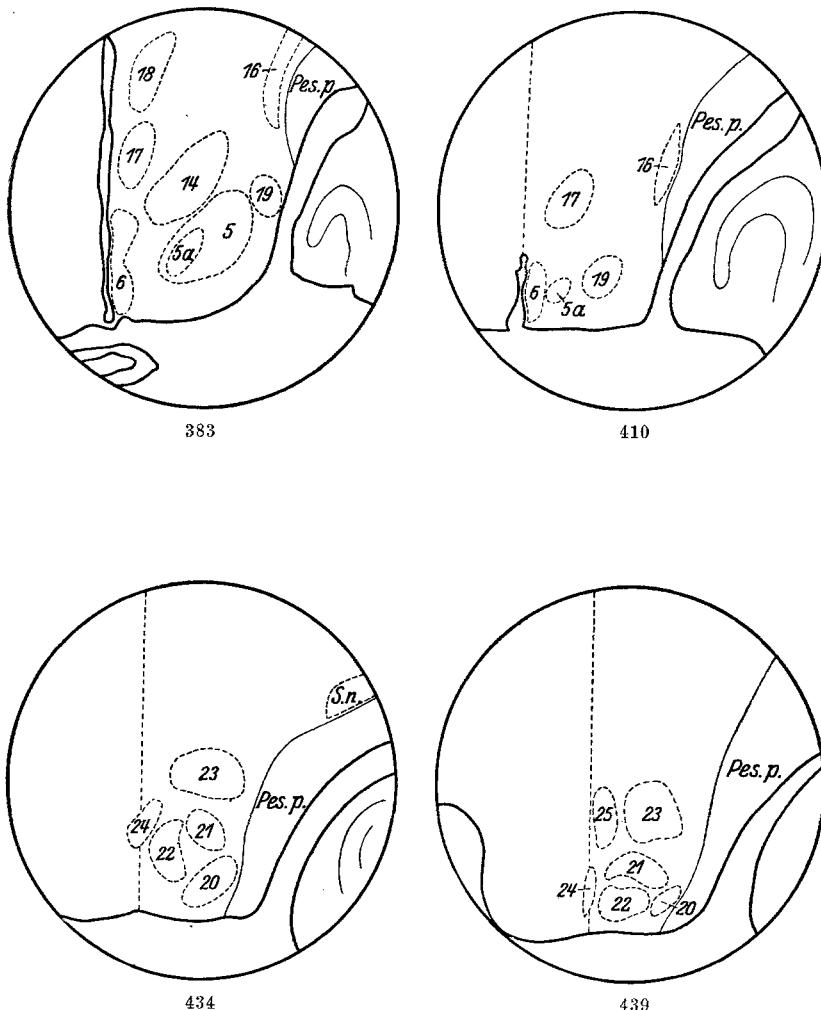


Abb. 40. Schematische Darstellung des Zellaufbaues im Hypothalamus der Fledermaus nach einer Frontalserie. Die Ziffern unter jeder Zeichnung bedeuten die Nummer des Schnittes, Opt. Sehnerv; Pes.p. Hirnschenkelfuß; Tr.th.m. Tractus thalamo-mamillaris. S.N. Substantia nigra. Benennung der Kerne siehe Tabelle 1, S. 256.

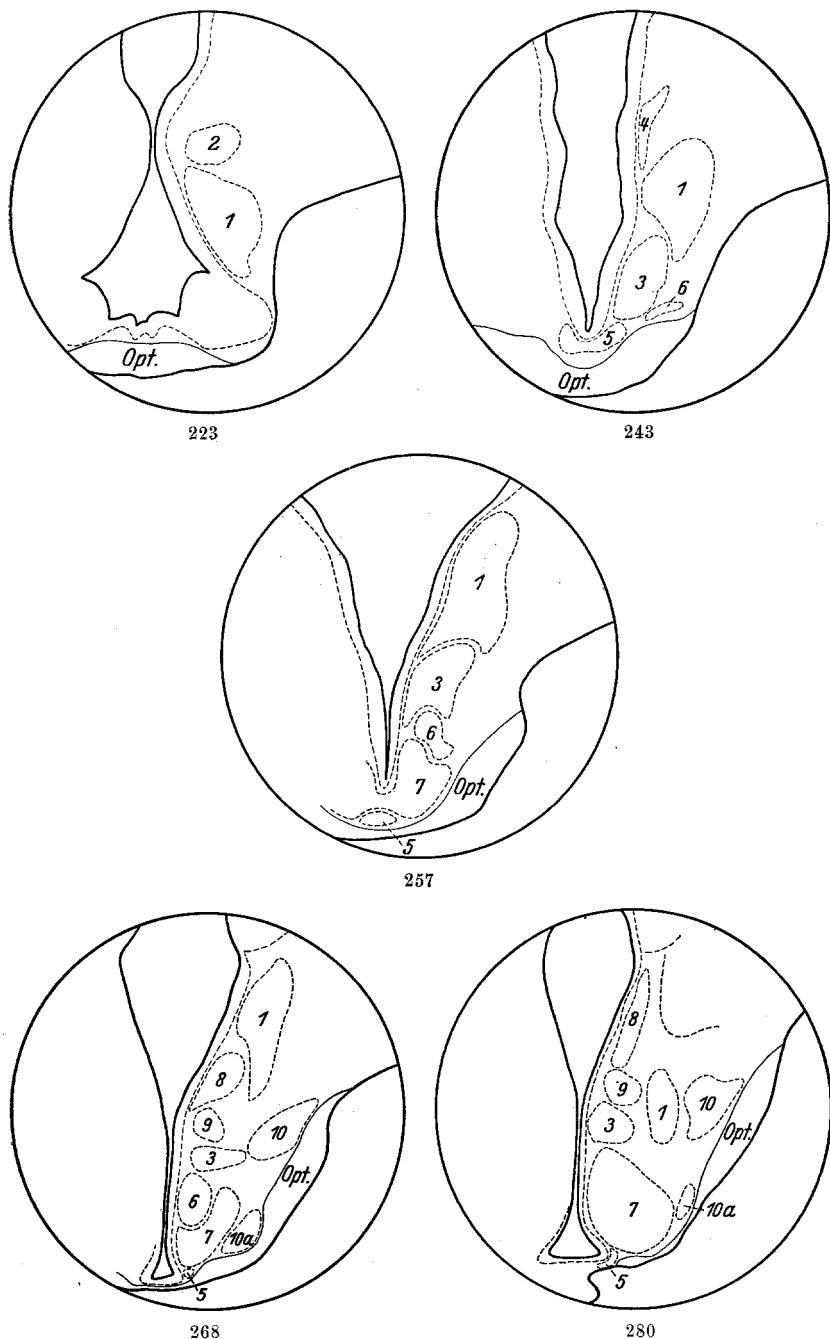


Abb. 41. (Text siehe S. 265.)

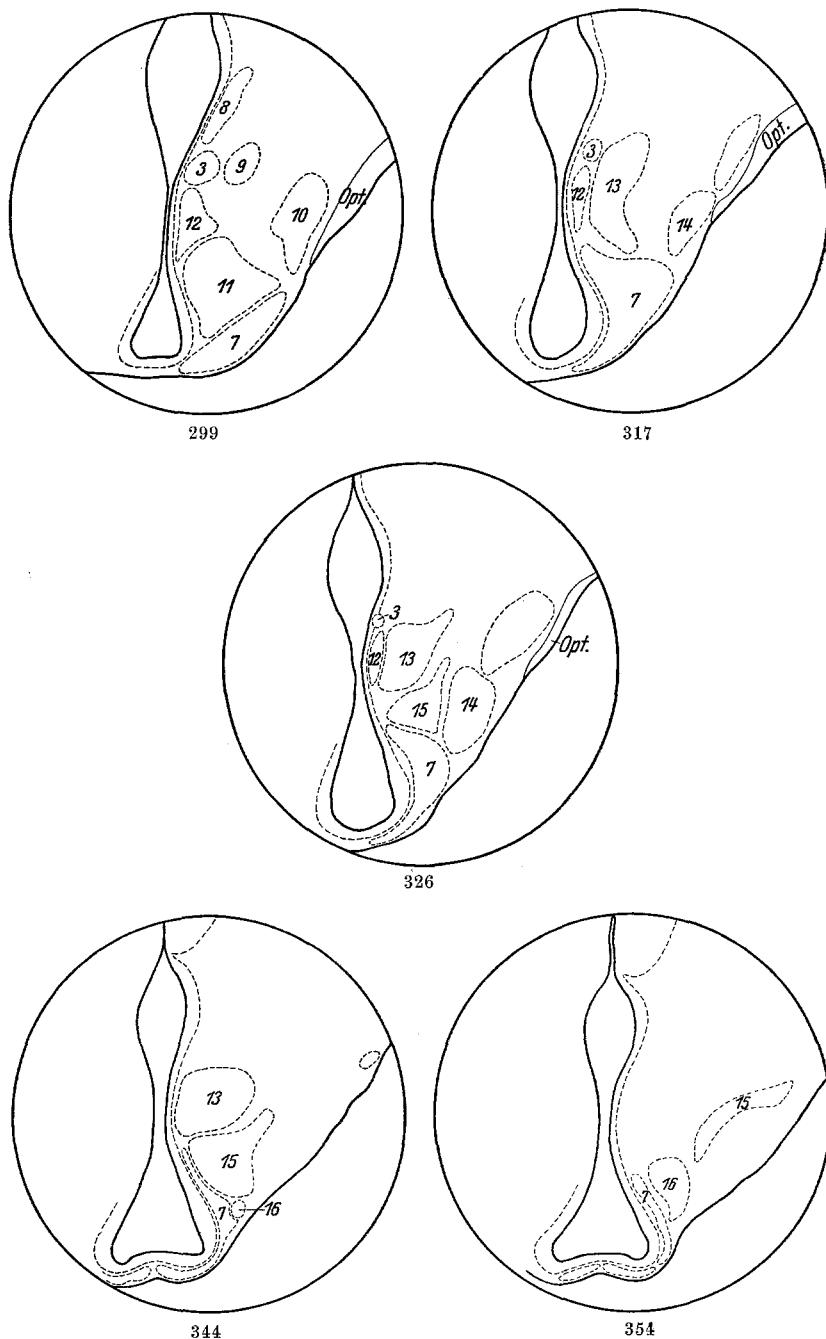


Abb. 41. (Text siehe S. 265.)

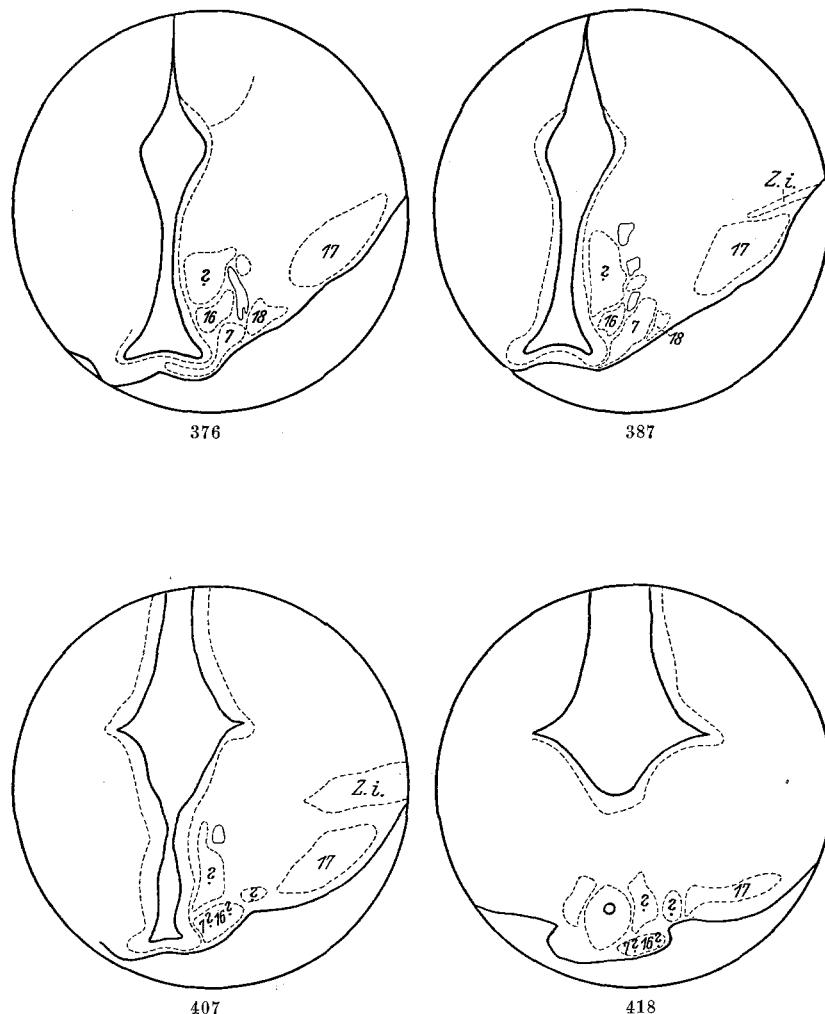
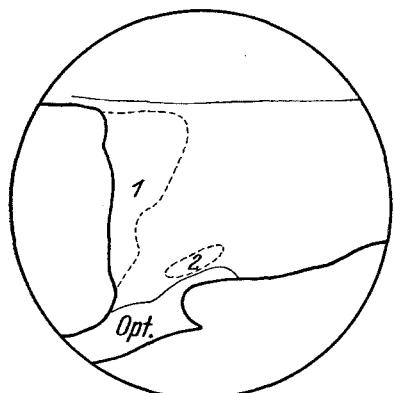
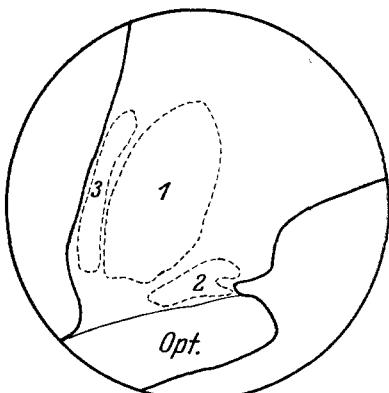


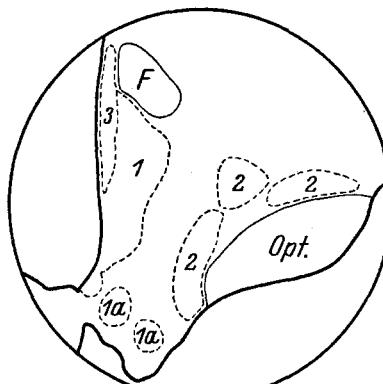
Abb. 41. Schematische Darstellung des Zellaufbaues im Hypothalamus eines menschlichen Embryos von 35 mm St.-Sch.-Länge nach einer Frontalserie. Sammlung Geh.-Rat Kallius. Die Ziffer unter jeder Zeichnung bedeutet die Nummer des Schnittes. Opt. Sehnerv; Z.i. Zona incerta.



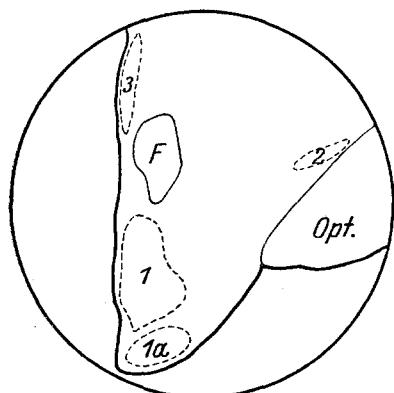
Block I. 188



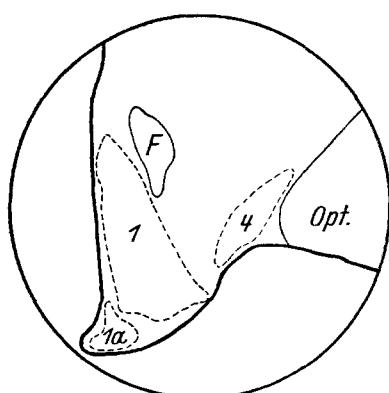
Block I. 200



Block II. 12



41



60

Abb. 42. (Text siehe S. 267.)

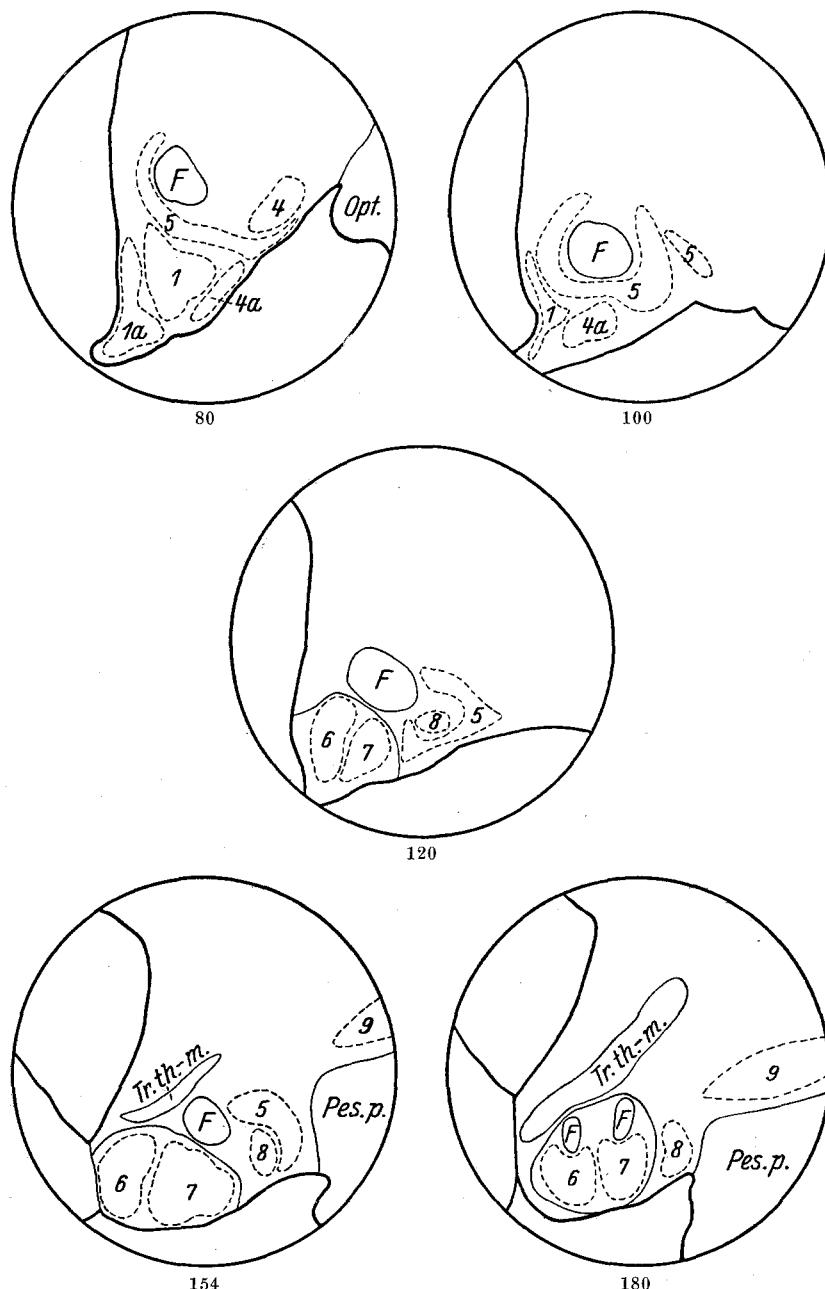


Abb. 42. Schematische Darstellung des Zellaufbaues im Hypothalamus des erwachsenen Menschen nach einer Frontalserie. Die Ziffer unter jeder Zeichnung bedeutet die Nummer des Schnittes. Bezeichnungen wie in den vorhergehenden Abbildungen. Benennung der Kerne siehe Tabelle 1 S. 256.