

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Bonn [Direktor: Prof. Dr. Ceelen].)

Histologische Studien am Gehirn mit Hilfe der Schnittveraschung.

Von
Karl Friedrich Scheid.

Mit 12 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 30. November 1929.)

Die Veraschung dünner Gewebsschnitte direkt auf dem Objektträger ermöglicht die Lokalisation der nach Verbrennung der organischen Substanz zurückbleibenden Aschenbestandteile im Gewebe. Die verschiedenen Bestandteile eines Gewebes enthalten, was von vornherein nicht ohne weiteres zu erwarten war, verschiedenen Gehalt an Aschen, so daß die für das betreffende Organ spezifische Struktur im Aschenskelett erhalten bleibt. Bei geeigneter Technik treten trotz der Radikalität des Eingriffs nur unwesentliche topographische Verschiebungen und Zerstörungen des Aufbaus ein. Weiterhin ist es angängig, wie es zuerst von *Policard* und dann von *Schultz-Brauns* geschehen ist, aus der optischen Dichte der Aschen einen gewissen Rückschluß auf die Mengenverhältnisse zu machen, zum mindesten ein „Mehr“ oder „Weniger“ unter pathologischen oder physiologischen Bedingungen bei bekanntem Normalwert festzustellen. So wird eine annähernde quantitative Schätzung der Aschenbestandteile an Ort und Stelle möglich. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß eine solche Methode der Histotopochemie (*Schultz-Brauns*) als Bindeglied zwischen morphologischer und chemischer Forschung und gerade im Verein mit diesen beiden Gebieten wichtige Einblicke in den pathologischen Zell- und Gewebsstoffwechsel derjenigen Stoffe zu geben verspricht, die das Aschenbild darstellt und die chemisch schon vielfach durch Aschenanalysen von Organproben bestimmt worden sind. Im wesentlichen sind das die anorganischen Kationen und Anionen (Na, K, Ca, Mg, Fe, SO₄, Cl, PO₄ usw.) und der besonders im Zentralnervensystem so wichtige Phosphor. Denken wir an die wichtigen Einblicke, die die chemische Glykogen- und Fettbestimmung im Vergleich mit der histologischen Darstellung der beiden Stoffe in den intermediären Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel gegeben hat, so erscheint eine enge Zusammenarbeit zwischen der morphologischen

Methode der Schnittveraschung und chemischen Aschenanalysen aussichtsreich.

Am Zentralnervensystem macht sich das Bedürfnis nach einer morphologisch orientierten chemischen Forschung besonders geltend. Neben der bis ins Kleinste ausgearbeiteten Morphologie, die sich durch die Anwendung des Nisslverfahrens besonders auch auf die intracellulären Strukturen erstreckt, ist auch die Gehirnchemie beinahe eine Sonderwissenschaft geworden. So ist es der Arbeit der verschiedensten Forscher wie *Vauquelin*, *Liebreich*, *Thudichum*, besonders *Fränkel* und *seinen Schülern*, *Thierfelder*, *Bang*, *Petrowsky*, *Halliburton*, *Koch* und vielen anderen gelungen, eine große Anzahl von Lipoiden und lipoideähnlichen Stoffen aus der Gehirnmasse isoliert darzustellen, quantitativ zu analysieren und teilweise ihren verwickelten chemischen Bau aufzuklären. Aschenanalysen sind besonders von *Weil* am Menschen und den verschiedenen Tieren ausgeführt worden. Ferner sind hier die Untersuchungen von *Blum* und *seiner Schule* über die Verteilung des Cl und Na bei der Urämie und dem Coma diabeticum, sowie *Heubners* Ca-Analysen des Gehirns bei experimenteller Ca-Vergiftung zu erwähnen. Wichtig sind weiterhin die an pathologisch veränderten Gehirnen erhobenen chemischen Befunde. *Mott* und *Barratt*, *Koch* und *Riddle*, *W. Koch* und *S. A. Mann*, *Pighini*, *M. L. Koch* und *C. Voegtlins*, *Petrowsky*, *Allers* u. a. fanden bei Hemiplegie, progressiver Paralyse, Dementia praecox, seniler Demenz, Pellagra, Tollwut und anderen Gehirnerkrankungen beim Menschen und bei verschiedenen Tieren Abweichungen von der normalen Zusammensetzung der Hirnsubstanz an Wasser, Cholesterin, Eiweiß und den einzelnen Lipoidfraktionen. Es ist das besondere Verdienst von *H. Gorodisskay*, die Gehirnchemie weit über die bisherigen Ansätze (*Blum-Heubner*) hinaus topographisch orientiert zu haben, indem sie die Mengenverteilung der einzelnen chemischen Bestandteile (besonders der Lipide) an den verschiedensten Stellen der Rinde usw. mit Hilfe des als Mikromethodik ausgestalteten *Fränkelschen Extraktionsverfahrens* untersuchte. Sie fand mit *Tscharkes* Veränderungen der chemischen Zusammensetzung in bestimmten Hirnteilen unter dem Einfluß verschiedener Narkotika. So wichtig diese Ansätze einer chemischen Topographie auch sind, so fehlt ihnen doch noch die direkte Beziehung zur morphologischen Struktur.

Lokalisierende Gewebschemie, *Histochemie im engeren Sinne*, ist zur Klärung der chemischen Zusammensetzung der Tigroidsubstanz von *Heidenhain*, *Unna*, *Mühlmann* u. a. betrieben worden. Weiter sind hier die wichtigen Untersuchungen von *Lubarsch* und *Spatz* über den Eisengehalt der subcorticalen Zentren zu erwähnen, und vor allem die von *MacCallum* und seinen Schülern erhobenen Befunde über die Verteilung der anorganischen Kationen und Anionen in den einzelnen mikroskopischen Teilen des Gewebsschnitts.

Bei dieser von *MacCallum* ausgearbeiteten Methodik, die im wesentlichen in der Anwendung der in der analytischen Chemie gebräuchlichen Fällungsreaktionen zum Nachweis der im nativen Gewebsschnitt vorhandenen Ionen besteht, ist aber der störende Einfluß der Kolloide durch Adsorption und Diffusion ganz und gar nicht abzuschätzen. Es sei hier besonders auf die Erscheinung der *Liesegangschen* Ringe hingewiesen, welche zeigt, daß ein in einem kolloidalen Substrat (z. B. Gelatine) gleichmäßig verteiltes Ion nicht gleichmäßig, sondern „rhythmisich“ gefällt wird. Bei der Veraschung des Gewebsschnittes wird dieser störende Einfluß der Kolloide radikal ausgeschaltet.

Von einer einwandfreien Methodik für die Schnittveraschung ist zu verlangen, daß die Gewebsschnitte in den Verbrennungsofen gebracht werden, ohne daß das betreffende Organstück zur Fixierung oder Einbettung vorher mit Flüssigkeiten, die Aschenbestandteile lösen könnten, in Berührung gekommen ist. Dieser Forderung sind die meisten Untersucher, die mit der Schnittveraschung gearbeitet haben, nicht gerecht geworden. So arbeitet *Liesegang*, von dem der Gedanke der Schnittveraschung herrührt und der im übrigen sehr wertvolle Richtlinien gegeben hat, an fixierten Gefrier-, Paraffin- oder Celloidinschnitten. *Policard* und seine Schüler, die eine große Reihe von Untersuchungen ausgeführt haben, verwenden ebenfalls die in der Histologie gebräuchlichen Fixierungs- und Einbettungsmittel. Am Zentralnervensystem ist die Schnittveraschung von *Jakobi* und *Keuscher* und von *Ostertag* versucht worden. *Jakobi* und *Keuscher* arbeiten mit Formol- und Alkoholmaterial bei Paraffineinbettung, überdies gehen sie nur bis zur Verkohlung (Bräunung) des Schnittes und weisen K und Ca durch Fällungsreaktionen nach. Da Kohle bekanntlich ein vorzügliches Adsorbens ist, sind die Störungen der Reaktionen von seiten der Kohle womöglich noch größer, als in einem kolloidalen Medium. *Ostertag* hat sich bemüht, die Schnittveraschung zur Klärung der chemischen Natur der Pallidumkonkremente anzuwenden und auf das Zentralnervensystem zu übertragen. Auch er bringt das Material vor der Veraschung mit den verschiedensten Agentien in Berührung (Alkohol, Äthercelloidin, sogar Methylalkohol, Formol usw.), Flüssigkeiten, deren Einflüsse, was die Löslichkeit von Bestandteilen der Gewebe anbetrifft, wir keineswegs kennen. Im Gegensatz dazu arbeitete *Molisch* die Methode der Schnittveraschung an pflanzlichem Material, das sich bekanntlich sehr leicht frisch schneiden läßt, in einwandfreier Weise für die Botanik aus. Es gelang nun auch in jüngster Zeit *Tschopp*, durch *Spiro* angeregt, Gefrierschnitte von unfixiertem, tierischem Material herzustellen. Wenn man aber nach den Angaben *Tschopps* zu arbeiten versucht, so gelingt es nur ab und zu einen Schnitt zu erhalten, der überdies noch außerordentlich klein und dick wird. Später hat dann *Schultz-Brauns* eine zuverlässige Methodik ausgearbeitet, die es erlaubt, größere und 5—10 μ dicke Schnitte aus frischem Material herzustellen. Das Prinzip dieses Schneideverfahrens beruht darauf, daß am Gefriermikrotom durch eine zweite

Kohlensäuredüse, die als Zusatzapparat zum *Leitzschen* Gefriermikrotom hergestellt wird, das Messer von oben gekühlt und *unter* 0° gehalten wird. Die Schnitte lassen sich dann noch gefroren mit dem Pinsel auf dem kalten Messer ausbreiten und auf den Objektträger übertragen, wo sie erst auftauen. Da die unfixierten Eiweißkörper außerordentlich gut kleben, ist die Anwendung von Eiweißglycerin überflüssig. Das Verfahren von *Schultz-Brauns* ist als Schneideverfahren für die Schnittveraschung die Methode der Wahl. Es bietet gleichzeitig noch den großen Vorteil, daß die so hergestellten Schnitte auch nach den gewöhnlichen Methoden der Histologie gefärbt und so Aschenbilder und gefärbte Präparate von direkt benachbarten Stellen verglichen werden können.

Betreffs der technischen Einzelheiten, die übrigens verhältnismäßig leicht zu erlernen sind, sei auf die Arbeiten von *Schultz-Brauns* hingewiesen. Es sei hier nur erwähnt, daß trotz der Bedenken *Henkels* bei guter Technik eine gleichmäßige Schnittdicke zu erreichen ist, so daß sich die Präparate auf ihre Mengenverhältnisse hin gut vergleichen lassen. Geringe Schwankungen der Schnittdicke spielen übrigens für die Beurteilung der Ganglienzellen keine wesentliche Rolle. Die Schnitte wurden nach dem Auftauen über der Flamme getrocknet und konnten in diesem Zustand gut aufbewahrt werden. Das Material wurde möglichst sofort nach der Sektion verarbeitet. Kadaveröse Veränderungen waren bei einem zunächst 6 und dann 26 Stunden nach dem Tode untersuchten Fall nicht eingetreten. Eine längere (tagelang) Aufbewahrung im Kühlkeller wenig unter 0° hat jedoch den Nachteil, daß unter diesen Bedingungen einer langsamen Kristallisation des Wassers sehr große Eisnadeln entstehen, die das Hirngewebe weitgehend zerstören. Die Verbrennungen wurden in dem seit *Policard* benutzten elektrischen Ofen vorgenommen. In diesem wurden die über der Flamme getrockneten Schnitte zuerst bei etwa $120-150^{\circ}$ langsam verkohlt, und es zeigte sich dabei, daß die Struktur desto besser erhalten blieb, je langsamer und schonender die Verkohlung erfolgte (bis 30 Minuten); ganz besonders wichtig ist die vorsichtige Verkohlung bei Verarbeitung dicker Schnitte für besondere Zwecke (Abb. 1). Dann wurden die Präparate im feuchten Sauerstoffstrom (etwa 60 Blasen pro Minute) verascht. Bei dem reichen Nucleingehalt des Zentralnervensystems erwies es sich zweckmäßig, als Veraschungstemperatur 550° zu wählen; schon *Liesegang* hat die Beobachtung gemacht, daß sich nucleinhaltiges Material wesentlich schwerer veraschen läßt. Die Veraschungszeit betrug ungefähr 10—15 Minuten.

Die Anwendung der Schnittveraschung auf das Zentralnervensystem, die mit Unterstützung von *Schultz-Brauns* in Angriff genommen wurde, ist nun mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Wenn man ein in der oben angegebenen Weise erhaltenes Präparat verascht, so entstehen eine Reihe von Kunstprodukten, die zum Teil schon von *Tschopp* beobachtet worden sind und die sich auf die ungewöhnlich starke Teerbildung der Lipoide bei der Verkohlung zurückführen lassen. Während die graue Substanz sich gut darstellen läßt, treten in der weißen Substanz des Gehirns bei einer Temperatur von $120-150^{\circ}$ schwärzliche, voluminöse Massen auf, die zu Zerreißungen des Gewebes führen und die an der Grenze auch die graue Substanz zerstören. Nach der Veraschung sind, je nach der Lipoidkonzentration im Bereich der weißen Substanz große, bräunliche, homogene oder etwas körnige Schollen

sichtbar, die schmale Lücken zwischen sich lassen. Bei etwas stärkerer Schnittdicke fließen diese Schollen zu kleinen, glasigen, nicht doppelbrechenden Tröpfchen zusammen, die auch schon von *Tschopp* beobachtet wurden (Abb. 6). Mitunter scheinen die Schollen bei der Verkohlung oder Veraschung Flüssigkeit auszupressen, die in die Lücken hineinläuft und reich an Aschen ist. Es entstehen so den Lücken entsprechende aschehaltige Netze. Diese weitgehenden Zerstörungen der Gewebsstruktur in der weißen Substanz und an der Grenze von Mark und Rinde erklären sich aus dem höheren Lipoidgehalt der weißen Substanz, der doppelt so hoch ist wie in der grauen. *Tschopp* macht die Annahme, daß die oben erwähnten glasigen Tröpfchen aus Oxyden des Phosphors bestehen und sich vom Phosphatidphosphor herleiten. Diese Annahme ließ sich dadurch stützen, daß die beschriebenen Gebilde nach unseren Beobachtungen in Äther unlöslich, aber leicht wasserlöslich sind. Um weiterhin zu beweisen, daß die Bildung der erwähnten Kunstprodukte durch die Phosphatide verursacht wird, wurde ein mit Lecithin (*Merck*) und ein mit Cholesterin, beide in Äther gelöst, in dünner Schicht bestrichener Objektträger in gleicher Weise wie die Gehirnschnitte verascht. Während das Cholesterin bei seiner Siedetemperatur unzersetzt quantitativ abdampft, treten auf dem mit Lecithin behandelten Objektträger genau die gleichen Kunstprodukte auf wie in der weißen Substanz: verglaste Tröpfchen, Schollen mit Rissen und aschehaltige Netze.

Die Gehirnschnitte mußten also zur Veraschung durch Entfernung der Phosphatide geeignet gemacht werden. Um die Mengenverhältnisse übersichtlich zu gestalten, ist an das Extraktionsmittel die ideale Forderung zu stellen, daß es die Lipide vollständig auszieht, ohne Aschenbestandteile, insbesondere Mineralien mitzunehmen. Die Annahme von *Henkel*, daß die Löslichkeitszahlen anorganischer Stoffe in organischen Lösungsmitteln auch für die im Gewebe physikalisch und chemisch gebundenen Ionen Gültigkeit hätten, ist vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus unhaltbar. Einmal scheint Extrahierbarkeit und Löslichkeit durchaus nicht einerlei zu sein, worauf besonders *Bang* hingewiesen hat. Zudem ist das System: Extraktionsmittel-Lipoid-anorganische Ionen außerordentlich verwickelt, wobei die verschiedensten Umstände eine Rolle spielen: Adsorption der Ionen an das Kolloid der Lipide, evtl. chemische Bindung im Sinne von Additionen und dadurch veränderte Löslichkeiten. So konnte *Neubauer* zeigen, daß das in Petroläther völlig unlösliche $CuCl_2$ bei Anwesenheit von Kephalin löslich wird. Auch *Fränkel* glaubt, aus den Schwierigkeiten, die Phosphatide rein darzustellen, entnehmen zu müssen, daß eine beträchtliche Menge von Aschenbestandteilen selbst durch wasserfreie Lösungsmittel mitgenommen wird. Auch *Tudichum* hatte hierauf schon eindrücklich hingewiesen. Demgegenüber zeigen systematische Untersuchungen von *Marx*, daß bei der Extraktion von *Nebennieren-* und *Pankreastrocken-*

substanz weder in Aceton noch in Petroläther noch in Äther Mineralbestandteile übergehen, während absoluter Alkohol beträchtliche Mengen Kalium (34—36% der Gesamtmenge) löst. Eigene Extraktionsversuche an im Vakuumexsiccator in dünnen Scheiben einige Tage bei Zimmertemperatur getrocknetem und pulverisiertem Hirnmaterial gaben ein wechselndes Verhalten und stimmten mit den Befunden von *Marx* nicht völlig überein. In *einem* Versuch löste der Äther keins der in Frage kommenden Kationen, während an anderem Material K und etwas Ca mitgenommen wurden. Ähnlich lagen die Verhältnisse beim Petroläther. In völliger Übereinstimmung mit *Marx* wurde jedoch gefunden, daß wasserfreier Alkohol jedesmal beträchtliche Mengen K auszieht. Es scheinen auch in dieser Beziehung in der Lipoidchemie außerordentlich verwickelte Verhältnisse vorzuliegen, die durch eine besondere Untersuchung geklärt werden sollen. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß immerhin mit der Möglichkeit eines Verlustes an Ionen gerechnet werden muß. Die verschiedenen Aschenbilder sind aber unter genau den gleichen Bedingungen hergestellt worden, so daß ein Vergleich der Mengenverhältnisse auf einem gewissermaßen „künstlichen“ Niveau durchaus möglich ist und aus morphologischen Gründen den heute allein möglichen Weg darstellt.

Nach *Fränkel* lösen die höher siedenden Petroleumkohlenwasserstoffe (der hochsiedende Petroläther [Ligroin] Siedepunkt 100—120°) neben dem Cholesterin die Phosphatide sowohl der ungesättigten, als auch der gesättigten Gruppe, während Petroläther vom Siedepunkt unter 50° lediglich Cholesterin und die ungesättigten Phosphatide extrahiert. Äther nimmt im allgemeinen nur die Stoffe der ungesättigten Gruppe neben dem Cholesterin mit, zieht aber unter bestimmten Bedingungen auch einen Teil der gesättigten Phosphatide aus. Da nun die gesättigte Gruppe nur zum kleineren Teil phosphorhaltig ist und überhaupt quantitativ hinter den ungesättigten Phosphatiden zurücksteht, so ist zu erwarten, daß der Fehler, den man bei der Ätherextraktion macht, verhältnismäßig gering ist. Tatsächlich hat sich ergeben, daß das „Äther“- vom „Petroläther“-bild, was die Mengenverhältnisse angeht, sich kaum unterscheidet. Wir haben aber im allgemeinen den Eindruck, daß nach Ätherextraktion die feineren Struktureinzelheiten (Dendriten usw.) klarer und schärfer umrissen hervortreten und haben den Äther dann angewandt, wenn es auf die Darstellung von Einzelheiten ankam (vgl. Abb. 1), während die übrigen Bilder nach Petrolätherextraktion hergestellt wurden. Gute Ergebnisse liefert ebenfalls das von *Tschopp* empfohlene Chloroformäthergemisch, was die Darstellbarkeit der Bilder anbetrifft. Auch entfernt Chloroform sämtliche Lipoide, enthält aber immer 0,6—1% Alkohol. Die Verwendung von Alkoholäther, die für die Bestimmung der Blutlipoide (*Bang*) allgemein ist, erwies sich als ungeeignet, da abgesehen von der Löslichkeit des K in Alkohol, die erhaltenen Aschenbilder unklare und verwaschene Struktur zeigen.

Die Extraktion wurde in Gläsern vorgenommen, die jedesmal zwei Rücken an Rücken gestellte Objektträger aufnehmen konnten. Die Menge des Extraktionsmittels betrug jeweils etwa 20—25 ccm, die Extraktionszeit für Äther 3—5 Stunden, für Petroläther, dessen Siedepunkt 40—80° betrug und dem 5 ccm Ligroin (Siedepunkt 100—120°) zugesetzt wurden, 5—7 Stunden. Mit Äther wurde bei Zimmertemperatur, mit Petroläther bei etwa 50° ausgezogen. Die Extraktion wurde nach der Trocknung der auf dem Objektträger aufgetauten Mikrotomschnitte ausgeführt.

Die Art der Trocknung (Trocknung über der Flamme und Trocknung im Exsiccatoren bei Zimmertemperatur) hatte keinen erkennbaren Einfluß auf die Extrahierbarkeit. Es sei noch erwähnt, daß sich einzelne Schnitte aus unbekannten Gründen nicht völlig ausziehen ließen. Diese Präparate wurden verworfen.

Für die Auswahl des Materials war einmal der Gesichtspunkt maßgebend, daß das Kleinhirn von allen Teilen des Gehirns die morphologisch übersichtlichste Struktur mit großen Ganglienzellen von typischer Form und klarer Anordnung der Ausläufer zeigt, so daß zu erwarten war, daß sich gerade das Kleinhirn zu einer ersten orientierenden Studie über Schnittveraschung am Zentralnervensystem am besten eignet. Zudem stellen nach *Spielmeyer* die *Purkinjéschen* Zellen einen äußerst empfindlichen Apparat dar, der auf die verschiedensten Schädlichkeiten reagiert, so daß Befunde an den *Purkinjéschen* Zellen wahrscheinlich erschienen. Der Nucleus dentatus, der ebenfalls aus übersichtlich angeordneten großen Ganglienzellen besteht, wurde in die Untersuchung mit einbezogen. Außerdem wurden noch einige Erweichungsherde bzw. ihre Folgezustände und einmal das Ammonshorn verascht.

Die weitgehende Erhaltung des für das Kleinhirn spezifischen Aufbaus nach der Veraschung eines mit Äther oder Petroläther ausgezogenen Schnittes zeigen die folgenden Aufnahmen und besonders das mit stärkerer Vergrößerung hergestellte Bild von *Purkinjéschen* Zellen der Abb. 1. Bei einer Schnittdicke von 10—15 μ (Abb. 1 und 2) sind als aschehaltige Gebilde zu erkennen: Die Hirnhäute, die Ganglienzellen, die Gefäße und in der sonst außerordentlich aschearmen Rinde kleine, grauweiße, punktförmige Aschenanhäufungen, die offenbar zum größten Teil den Kernen der Gliazellen entsprechen. Die zwischen diesen Gebilden gelegenen Teile erscheinen bei dieser Schnittdicke als optisch leer oder höchstens von sehr zarten, hauchartigen, bläulichen Aschen ausgefüllt (Abb. 6).

Die *Hirnhäute* sind als zarte, graue Streifen zu erkennen, die an einzelnen Stellen um das Drei- oder Vierfache verbreitert sind. Hier liegen die Aschen wesentlich dichter und sind von hellweißer Farbe (Abb. 2). Die weichen Hirnhäute enthalten durchschnittlich wesentlich mehr Asche als das Bindegewebe an anderen Stellen des Körpers im allgemeinen aufweist, was wohl auf ihren großen Gefäßreichtum zurückzuführen ist. Vielleicht spielt hierbei aber auch eine Anreicherung an mineralischen Stoffwechselprodukten des Gehirns, besonders um die Gefäße eine Rolle. So sind die Verbreiterungen offenbar nichts anderes als angeschnittene, aschereiche, piale Gefäße (Abb. 3). In Abb. 4 wurden größere Gefäße der weichen Hirnhaut quer getroffen.

Die *Ganglienzellen* bewahren beim Veraschungsprozeß durchaus ihre Gestalt. So kommt die Flaschenform der *Purkinjéschen* Zellen (Abb. 1—7) auch im Aschenbild deutlich heraus, von einer intracellulären Struktur ist jedoch nichts mehr zu erkennen. Kern, Kernkörperchen, Tigrin

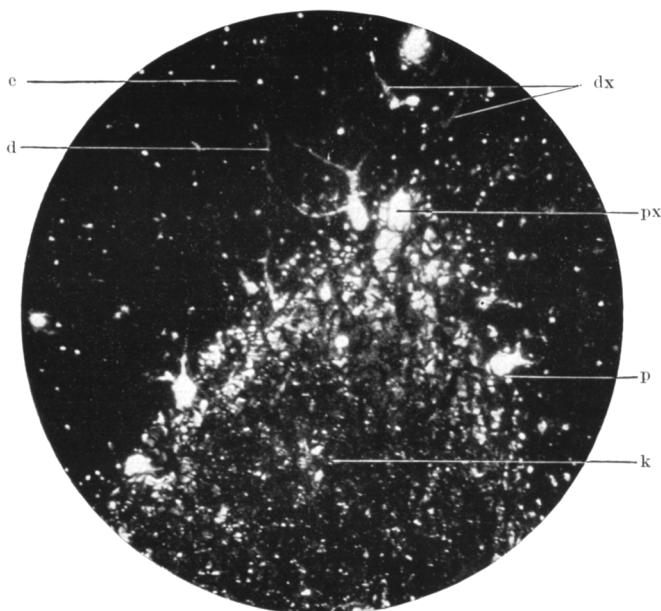


Abb. 1. Kleinhirn, stärkere Vergrößerung (1 : 100). Purkinjésche Zellen mit Dendriten. p Purkinjésche Zellen, k Körnerschicht, d Dendrit 4. Ordnung, dx Dendrit der Zelle px. e Endpunkt eines Astes 3.-4. Ordnung.

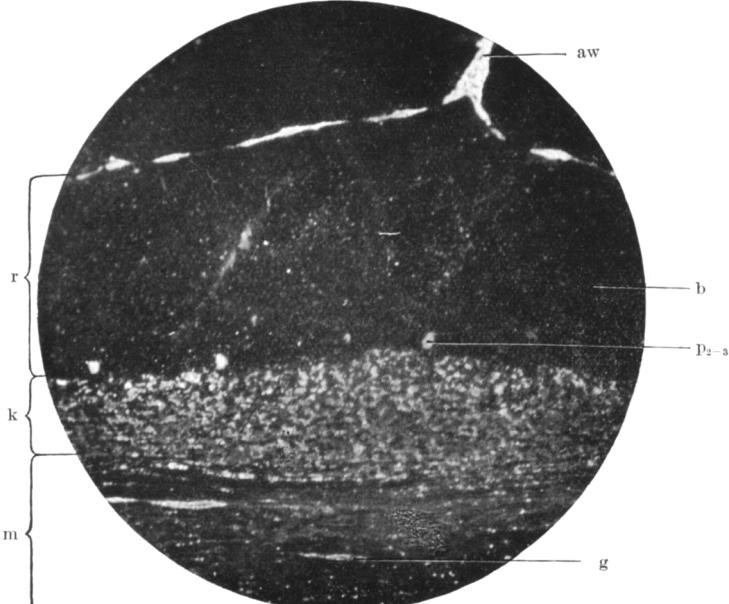


Abb. 2. Kleinhirn, 21 Jahre, Urämie. r Rinde, k Körnerschicht, m Mark. Durchschnittliche Verhältnisse in der Aschenverteilung. Purkinjésche Zellen Stufe 2-3 (p₂₋₃), b Aschepunkte der Rinde, g Gefäße des Marks, aw Zwickel der weichen Hirnhaut mit Abgang eines Gefäßastes.

sind nach der Veraschung nicht mehr wahrzunehmen. Dagegen werden in einem dickeren Schnitt und bei äußerst vorsichtiger Verkohlung

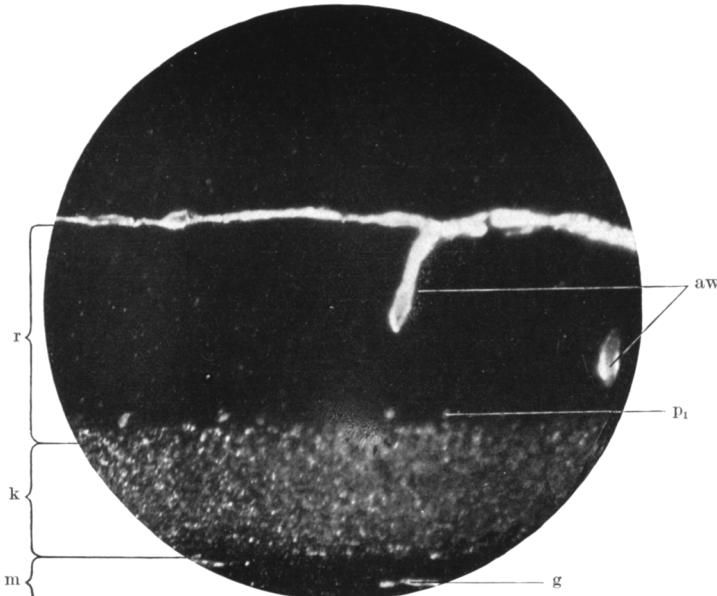


Abb. 3. Kleinhirn, 2 Jahre, Hydrocephalus. *Purkinjésche Zellen Stufe 1* (p_1), durchschnittlicher Aschengehalt in den Gefäßen des Marks g . aw Angeschnittenes Gefäß der Pia. Übrige Beschriftung wie Abb. 2.

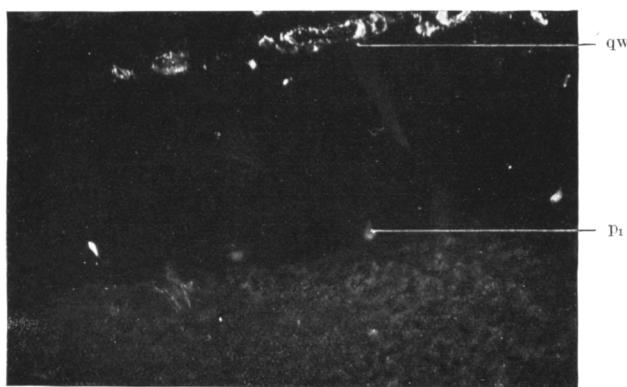


Abb. 4. Kleinhirn, 68 Jahre, Lungengangrän. *Purkinjésche Zellen Stufe 1* (p_1), qw quer- geschnittene, größere meningeale Gefäße mit stärkerer innerer und äußerer Konturierung.

(15—20 μ) (Abb. 1), wenn zwischen den Zellen und Gefäßen in den sonst optisch leeren Teilen schon dichtere, bläulichweiße Aschenmassen erscheinen, die *Dendriten* der *Purkinjéschen Zellen* manchmal

mit ihren Verästelungen zweiten bis dritten Grades dargestellt, weil ja bei dickeren Schnitten mehr Äste des Dendritenwerkes in das Bild fallen. Der *Neurit* ist selbst an Stellen, wo die Lage der *Purkinjéschen Zellen* von der Körnerschicht deutlich abgedrängt liegt, niemals im Aschenbild zu erkennen. Die cytochromen Ganglienzellen (Körner) erscheinen ihrer Form entsprechend als kleine, rundlich bis eiförmige, zum Teil sich überdeckende, aschehaltige Scheibchen. Im Mittel sind die *Purkinjéschen Zellen* ein wenig aschereicher als die Zone der Körnerschicht.

Es sei hier erwähnt, daß die Körnerschicht sich in seltenen Fällen nicht restlos extrahiert. So sind die Kunstprodukte der Abb. 6 (Tröpfchen und Schollen) offenbar auf eine solche mangelhafte Extrahierung zurückzuführen.

Sehr auffallend und für das Verständnis der Funktion und des Stoffwechsels der Nervenzelle von großer Wichtigkeit ist die Tatsache, daß die Ganglienzellen sehr viel mehr Asche als die anderen ektodermalen und epithelialen Teile des Körpers, etwa die Epidermis, die Zellen der Leber oder die Nierenepithelien enthalten. Während diese sich nur als ganz zarte, von sehr dünnen Aschen ausgefüllte Gebilde darstellen lassen, ist die optische Dichte und damit der Aschengehalt der Nervenzellen wesentlich größer. Die *Korbzellen* der Rinde sind von den übrigen aschehaltigen Punkten, die, wie erwähnt, an Zahl und Lage den *Gliazellen* entsprechen, nicht zu unterscheiden.

Die *Gefäße*, besonders die mittelgroßen und kleineren Arterien erscheinen auf dem Querschnitt (Abb. 3, 8 und 9) als weißliche Ascheringe oder Scheibchen, oft so, daß die Intima und die Adventitia aschereicher zu sein scheint, als die Media, wodurch eine stärkere äußere und innere Konturierung der Ringe entsteht (Abb. 3). Die dünnwandigen, in den Windungen aufsteigenden Gefäße des Kleinhirnmarks sind längsgeschnitten als schmale, mehr oder weniger aschehaltige Streifen erkennbar (Abb. 2 und 6).

Es wurden im ganzen 22 Kleinhirne untersucht, die dem Sektionsmaterial des pathologischen Instituts entstammten, also von Individuen herrührten, die an den verschiedensten Todesursachen gestorben waren. Wie nach den Befunden von *Schultz-Brauns* zu erwarten war, ergab sich eine große Verschiedenheit im Aschengehalt, sowohl der kleineren als auch der mittleren *Gehirngefäße*. Ferner wiesen aber auch überraschenderweise die Ganglienzellen, sowohl die *Purkinjéschen Zellen*, als auch die Bestandteile der Körnerschicht starke Schwankungen ihrer Aschen auf, was wieder im Vergleich zu anderen ektodermalen Gebilden wichtig zu sein scheint.

Nach der optischen Dichte wurden die veraschten *Purkinjéschen Zellen* in 4 Stufen eingeteilt, der schwächste gefundene Grad entsprechend Stufe 1 (Abb. 4), der stärkste entsprechend Stufe 4 (Abb. 7). Bei einiger Übung läßt sich durch Vergleich der Präparate der Aschengehalt der einzelnen Teile gut in eine der 4 Stufen einschätzen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß, je dünner die Aschen werden,

sie eine um so bläulichere Farbe annehmen, so daß auch die Farbe schon einen Anhaltspunkt für die Dichte gibt. Trotzdem wurden die Präparate zum objektiven Vergleich photographiert.

Für einen exakten Vergleich der einzelnen Bilder ist es nötig, daß sie unter den gleichen Bedingungen (Lichtquelle, Belichtungszeit der Platten und Abzüge) hergestellt werden (*Schultz-Brauns*). Wegen der besseren Darstellung der einzelnen Elemente in den Abb. 8—12 wurde aber die Belichtungszeit dieser Abzüge um 100% höher und damit das Niveau der Abb. 8—12 um 100% tiefer gelegt, was

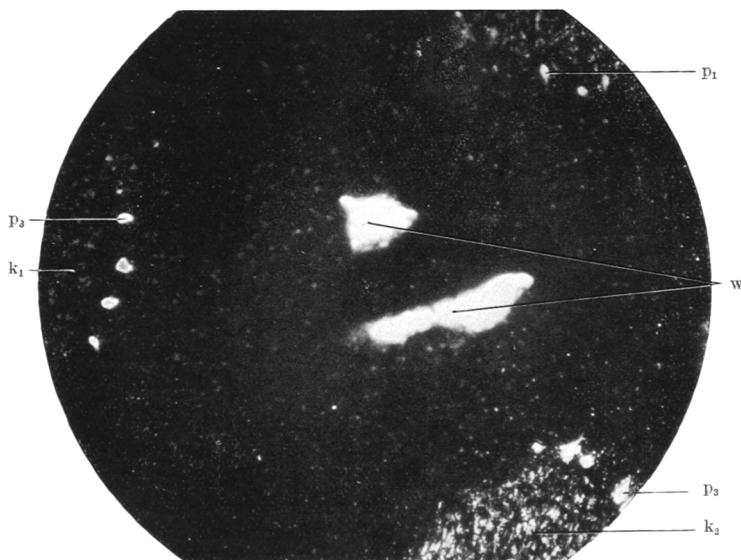


Abb. 5. Kleinhirn, 61 Jahre, Dementia praecox. Starke Schwankungen im Aschengehalt der Purkinjéschen Zellen (p₁—p₅). w Weiche Hirnhäute. k₁ Körnerschicht von Stufe 1, k₂ von Stufe 2.

bei der Betrachtung der Bilder zu berücksichtigen ist. Da die Aschen bei geringer Konzentration eine bläuliche Farbe annehmen, ist ein gewisser „Blaufehler“ der Platten in Rechnung zu setzen.

Die veraschten *Purkinjéschen* Zellen gehörten in der Mehrzahl der Fälle zu Stufe 2 oder 3, so daß dieser Wert als ein Durchschnitt angesehen werden kann (Abb. 2). Die Stärke der Körnerschicht bleibt, wie erwähnt, meist etwas unter diesem Betrag. Ein mittlerer Wert für die Gefäße läßt sich bei den großen Verschiedenheiten von Fall zu Fall nicht ganz leicht angeben; als sicher kann aber angesehen werden, daß der Aschengehalt der Gefäße in Abb. 6 einer hochgradigen Vermehrung entspricht, während der in Abb. 2 etwa den Durchschnitt darstellt. Starke Verschiedenheiten des Aschengehaltes der einzelnen Teile (sowohl der Ganglienzellen, als auch der Gefäße) im gleichen Präparat oder im gleichen Material wurden einige Male beobachtet (Abb. 5). Solche Schwankungen wurden nur dann besonders vermerkt, wenn sie zwei oder

drei Stufen betrugen und sich auf eine größere Anzahl von *Purkinjéschen* Zellen bzw. Gefäßen bezogen, während geringfügige Unterschiede (etwa um eine Stufe) fast in allen Präparaten festzustellen waren. Die Mengenverhältnisse in Abb. 2 sind also als etwa durchschnittlich aufzufassen, wobei aber ausdrücklich bemerkt sei, daß zur Aufstellung eines sicheren Normalwertes ausgedehntere Untersuchungen, vor allem auch von normalen Gehirnen erforderlich sind.

Bei einem Fall von Dementia praecox, 61 Jahre (S. 364/29 Causa mortis [C.M.] Lungenembolie) waren die Schwankungen des Aschengehalts der *Purkinjéschen* Zellen im gleichen Präparat besonders hochgradig (vgl. Abb. 5). Während die weitaus größte Mehrzahl der Stufe 1 angehörte, teilweise überhaupt nur mit Mühe als ganz dünne bläuliche Gebilde zu erkennen waren, stieg der Aschengehalt an einigen wenigen Stellen auf Stufe 3 oder sogar 4. Abb. 5 zeigt ein solches Gesichtsfeld. Ganz ähnliche Verhältnisse wies ein Fall von akuter Sepsis mit hochgradiger Hyperämie des Gehirns (38 Jahre, S. 361/29), auf. Auch hier starke Schwankungen des Aschengehalts in den *Purkinjéschen* Zellen, die wieder meistens der Stufe I angehörten und an einigen Stellen auf 2 oder 3 anstiegen. Bemerkenswert waren hier auch die Gefäße, die trotz der im Vergleichspräparat festgestellten hochgradigen Hyperämie im Aschenbild sich außerordentlich zart darstellten. Das Blut enthält im Vergleich zu den Bestandteilen des Gewebes nur verhältnismäßig wenig Aschenbestandteile und erscheint unter den Bedingungen des veraschten Schnitts optisch in Form von zarten, dünnen Aschen. Aschenvermehrungen in den dünnwandigen Gefäßen des Kleinhirnmarks sind also sicher auf Zunahme der Konzentration der anorganischen Bestandteile in der Wand, nicht etwa auf einen wechselnden Blutgehalt, zurückzuführen.

Die stärkste beobachtete Aschenanreicherung in den Markgefäßwänden (Abb. 6) betrifft einen Fall von Altersblödsinn, 65 Jahre (S. 311/29, C.M. hochgradige Lungen- und Darmtuberkulose), wobei bemerkenswerter Weise an den Gefäßen der Hirnbasis und auch im Vergleichspräparat des Kleinhirnmarks keine sichtbaren Zeichen von Arteriosklerose zu bemerken waren; es fanden sich lediglich Wandverdickungen mäßigen Grades, in denen durch Giesonfärbung keine hyalinen Fasern darzustellen waren. Die *Purkinjéschen* Zellen gehörten zu Stufe 3. Ein ebenfalls klinisch als senile Demenz diagnostizierter Fall, 71 Jahre (S.328/29), der anatomisch eine starke Arteriosklerose der Hirnbasisgefäß, Atrophie des Gehirns, Piaödem und Hydrocephalus internus aufwies, zeigte gänzlich andere Verhältnisse. Die *Purkinjéschen* Zellen enthielten nur sehr wenig Aschen (optische Dichte etwa wie in Abb. 4), während die Aschenkonzentration in der Wand der Markgefäßwände trotz der hochgradigen Arteriosklerose der größeren Gefäße und trotz der ausgedehnten Hyalinisierung der Gefäßwandungen im Mark (Vergleichspräparate nach van Gieson gefärbt) kaum vom Durchschnitt abwich.

Sehr auffallende Beobachtungen konnten an Präparaten, die zwei Fällen von Diabetes entstammten, gemacht werden (S. 354/29, 52 Jahre. Klinische Diagnose: Diabetes, Sepsis, Herzinsuffizienz, anatomisch: Endocarditis verrucosa, multiple Abscesse der Haut, trübe Schwellung der parenchymatösen Organe und S. 333/29, 56 Jahre, klinische Diagnose: Diabetes, Syphilis, Cystenniere, anatomisch: Aortitis syphilitica, fleckige Sklerose der Hirnbasisarterien, Cystenniere, Atrophie des Pankreas, Erweichungsherd im Stirnlappen). Die Abb. 7, die vom ersten Fall herrihrt, zeigt ein völliges Fehlen der Körnerschicht im Aschenbild. Auch an etwas dickeren Schnitten, wo die Rinde zwischen den Aschenpunkten der Gliazellen optisch dichtere Massen aufweist, bleibt die Zone der Körnerschicht wie ausgespart, so daß geradezu eine Umkehr der Mengenverhältnisse von Rinde und Körnerschicht vorliegt. Die *Purkinjéschen* Zellen waren in dem Präparat

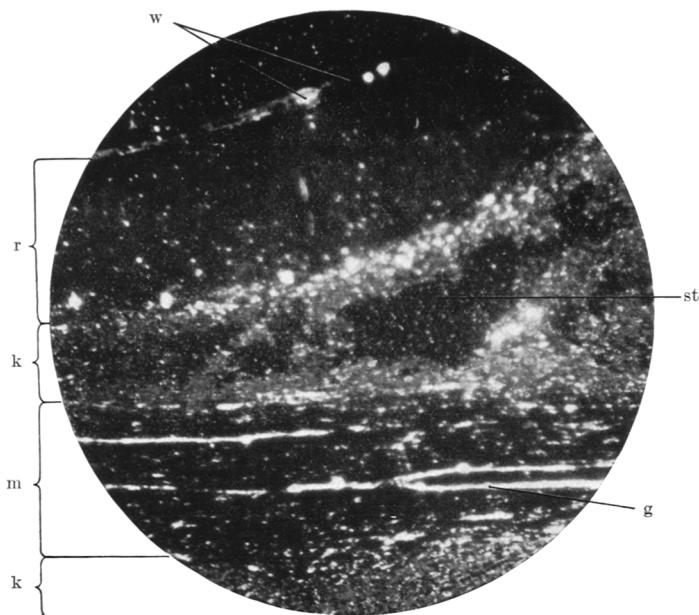


Abb. 6. Kleinhirn, 65 Jahre, Senile Demenz. Hochgradige Aschenablagerung in den Gefäßen des Marks (g), st Kunstprodukte im Bereich der Körnerschicht (Tröpfchen, Schollen). Purkinjésche Zellen Stufe 3. Übrige Beschriftung wie Abb. 2.

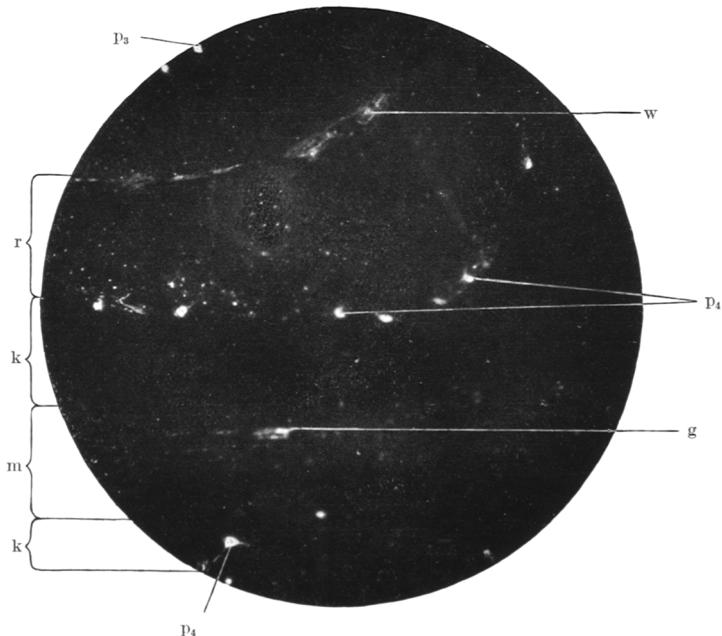


Abb. 7. Kleinhirn, 52 Jahre, Diabetes, Sepsis. Völliges Fehlen der Körnerschicht (k), die ascheärmer erscheint als die Rinde (r). Gefäße (g) des Marks (m) enthalten durchschnittliche Mengen Asche. Übrige Beschriftung wie Abb. 2.

der Abb. 7 überall als helle, weiße Gebilde zu erkennen und gehörten der Stufe 3, teilweise sogar Stufe 4 an. Ein ganz ähnliches, wenn auch nicht so ausgeprägtes Bild bot der zweite Fall.

Von zwei Kindergehirnen wies der eine Fall (S. 309/29, 1 Jahr, alimentäre Intoxikation) auffallenderweise eine starke Aschenanreicherung in den Gefäßen des Kleinhirns (und auch des Nucleus dentatus), etwa entsprechend Abb. 6 auf. Dagegen zeigte der andere (S. 352/29, Hydrocephalus, 2 Jahre) verhältnismäßig wenig Asche in den Gefäßen und eine starke Verringerung der Aschenbestandteile in den Purkinjéschen Zellen (Abb. 3).

Zwei Fälle von Typhus abdominalis (S. 325/29, 18 Jahre und S. 355/29, 20 Jahre) wiesen Gemeinsamkeiten in einer verhältnismäßig stark entwickelten Körnerschicht (stärker als die der Abb. 2) und in einem geringen Aschengehalt der Markgefäß auf. Die Purkinjéschen Zellen gehörten im ersten Fall zu Stufe 2—3, im zweiten waren sie aber sehr deutlich schwächer (0—1, ganz selten 2).

Drei Fälle von Urämie zeigten, miteinander verglichen, verschiedene Verhältnisse. Der erste (S. 296/29, 29 Jahre, chronische Nephritis), zeigte in der Aschenverteilung kaum Abweichungen von der Abb. 2, die selbst von einem 21 Jahre alten urämischen Mann (S. 315/29) herriührt. Der dritte Fall, 66 Jahre (S. 344/29), anatomische Diagnose: schwerste Arteriosklerose der Aorta und der Gehirnbasissarterien, arteriolosklerotische Schrumpfniere links, arteriosklerotische und hydro-nephrotische Schrumpfniere rechts, multiple Erweichungsherde im Gehirn, allgemeine chronische Stauung der Organe — es ist bemerkenswert, daß die Kranke vor dem Tode das Bild einer schweren Erregung darbot — hatte Purkinjésche Zellen, die zum Teil der Stufe 2—3 angehörten, zum Teil (etwa zur Hälfte) aber nur sehr wenig Aschenbestandteile enthielten (kaum Stufe 1). Die Gefäße boten in allen drei Fällen ein nicht wesentlich von Abb. 2 abweichendes Verhalten.

Starke Aschenabnahme in den Purkinjéschen Zellen Stufe (0—1) wurde außerdem noch bei einem Fall von Arteriosclerosis cerebri (S. 332/29, 70 Jahre) und bei einem Fall von Lungengangrän (S. 350/29, 68 Jahre) beobachtet. Ein anderer Fall von Arteriosklerose (S. 316/29, 75 Jahre, C.M. Pneumonic), dessen Gefäße übrigens starke Schwankungen der Aschen im gleichen Präparat zeigten, ein Fall von Basedow, 29 Jahre (S. 314/29) und ein Fall von Eklampsie (S. 360/29, 24 $\frac{1}{2}$ Jahre) boten im übrigen kaum Abweichungen von Abb. 2.

Die Zellen des Nucleus dentatus enthalten im Durchschnitt ebensoviel Aschenbestandteile wie die Purkinjéschen Zellen (Stufe 3 in Abb. 8 und Stufe 2 in Abb. 9). Die Einteilung in die vier Stufen ist also auch für die Zellen des Nucleus dentatus brauchbar. Zwischen den Ganglienzellen befinden sich immer etwas hellere, also aschereichere Massen (Abb. 8), eine Zone, die dem gewundenen Verlauf des Kerns folgt und meist optisch nicht ganz homogen erscheint. So hat man besonders bei etwas größerer Schnittdicke (Abb. 8) den Eindruck, als ob er aus zahlreicheren feineren und gröberen, veraschten Fasern aufgebaut sei, so daß diese aschereichere Zone wahrscheinlich dem Dendritenwerk der Ganglienzellen entspricht.

Die Schwankungen der Aschenbestandteile von Ganglienzelle zu Ganglienzelle des gleichen Präparates waren seltener als bei den Purkinjéschen Zellen. Stärkere Verschiedenheiten im Aschengehalt der Ganglienzellen konnten nur im Präparat der Abb. 10 beobachtet werden, das dem gleichen Fall von Altersblödsinn (S. 311/29) wie Abb. 6 entnommen ist. Hier scheint der Kern auf große Strecken fast zu fehlen, es finden sich spindel- und streifenförmige zarte Aschen (Stufe 1), die zum Teil aschearmen Ganglienzellen entsprechen, weil im Vergleichspräparat ebenfalls

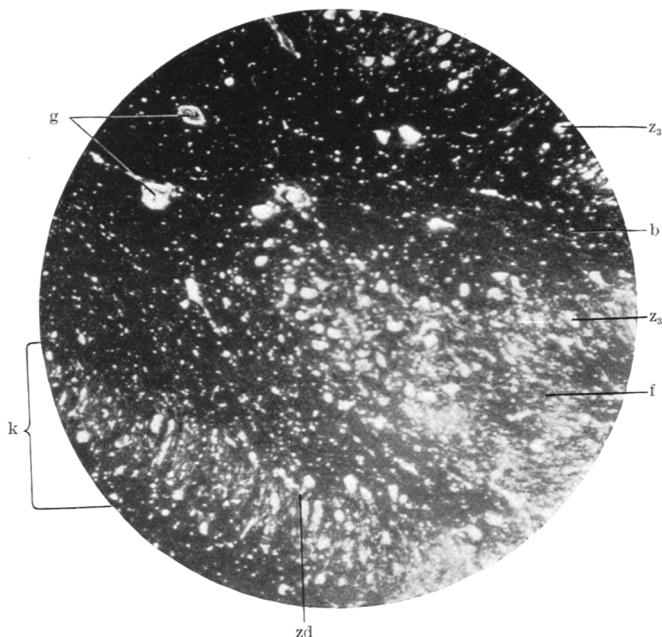


Abb. 8. Nucleus dentatus, 71 Jahre, Senile Demenz, Arteriosklerose. k Bereich des Kerns, z₃ Ganglionzellen von Stufe 3, zd Dendrit einer Ganglionzelle, f veraschte Fasern (Dendritenwerk), b Aschepunkte der weißen Substanz (Gliazellen), g Gefäße.

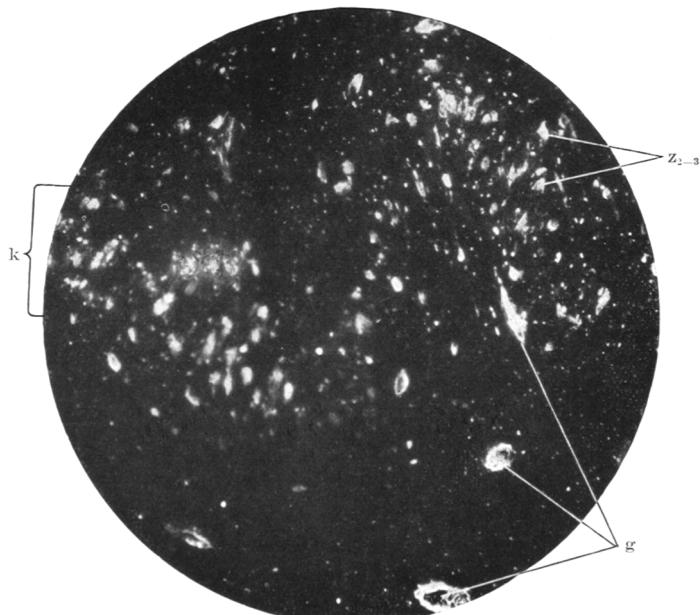


Abb. 9. Nucleus dentatus, der gleiche Fall wie Abb. 2. Ganglionzellen (z₂₋₃) Stufe 2-3. Übrige Beschriftung wie Abb. 8.

Gruppen von spindelförmigen Ganglienzellen zu erkennen waren, teils handelt es sich aber sicherlich um stärker aschehaltige Nervenfasern. An anderen Stellen des Kerns finden sich charakteristisch geformte Ganglienzellen von Stufe 2—3.

Auch Schwankungen zwischen verschiedenem Material sind geringer als bei den *Purkinjéschen* Zellen, während ein kleinerer Unterschied um etwa eine Stufe mehrfach festzustellen war. (Vgl. Abb. 8 und 11, hier sind die Unterschiede im Vergleich zu denen des Kleinhirns wegen der stärkeren Belichtung der Abzüge um 100% übertrieben, siehe oben S. 683.)

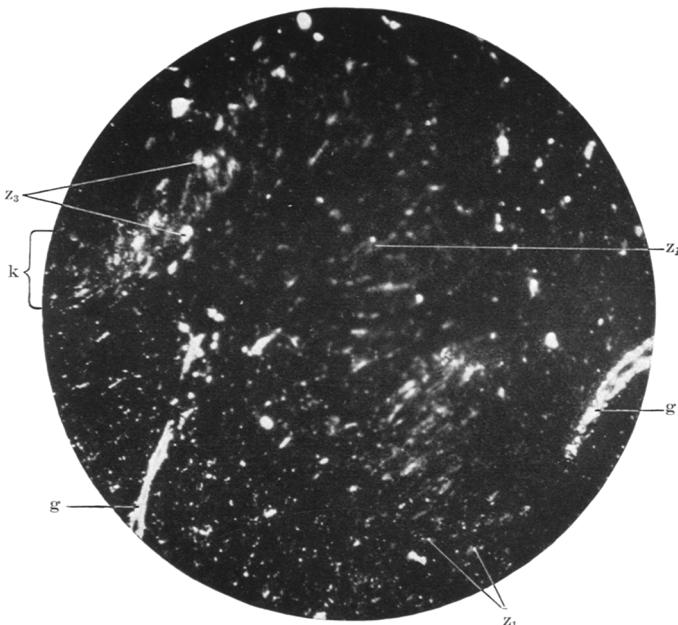


Abb. 10. Nucleus dentatus, der gleiche Fall wie Abb. 6. In der Mitte des Gesichtsfeldes enthalten die Ganglienzellen sehr wenig Asche (z_1), während sie links oben der Stufe 3 (z_3) angehören. (Siehe Text.) Gefäße (g) wieder stark aschehaltig.

Eine sehr starke Verringerung der Aschenbestandteile zeigte nur der Fall von Sepsis (S. 361/29), dessen Ganglienzellen im Nucleus dentatus, genau wie die *Purkinjéschen* Zellen nur als ganz zarte Gebilde zu erkennen waren.

Bis auf diesen Fall war aber das Verhalten der Ganglienzellen des Nucleus dentatus, was die Menge der Aschen anlangt, nicht dem der *Purkinjéschen* Zellen parallel. Alle übrigen Fälle von geringerem Aschengehalt in den *Purkinjéschen* Zellen zeigten durchschnittliche Werte (Stufe 2—3) im Nucleus dentatus. Die zahlreichen Gefäße des Kerns, die ja von arteriosklerotischen Veränderungen besonders bevorzugt sind, enthalten im Mittel verhältnismäßig viel Aschenbestandteile (vgl. Abb. 8 und 9). Ganz besonders hoch war der Gehalt an Aschen in den kleineren Gefäßen wieder bei dem Fall von seniler Demenz (Abb. 6 und 10).

Das Aschenbild der Abb. 11 (gleicher Fall wie Abb. 6 und 10) zeigt ein Gefäßgebiet des Ammonshorn, das, zwischen der Pyramidenzellage des Gyrus dentatus und der Ganglienzellschicht des Subiculum gelegen, außerordentliche Zunahme der Aschenbestandteile in der Wand der

Blutgefäß aufweist. Von einer roten Verfärbung der Aschen, die auf Eisengehalt hindeuten würde (*Policard*), war nichts zu bemerken. In dem Vergleichspräparat eines unmittelbar benachbarten Schnitts war die ganze Wand der kleinen und kleinsten Gefäße durchsetzt von mit Hämatoxylin dunkelblau sich färbenden Massen zum Teil lagen auch in den perivasculären Lymphscheiden kleine dunkelblaue Körner,



Abb. 11. Ammonshorn, der gleiche Fall wie Abb. 6 und 10. Verkalkte Gefäße. g Größeres, schräg geschnittenes Gefäß mit sehr starker Aschenablagerung in der Wand. x Kleine Aschekugeln, die ein Gefäß perl schnurartig begleiten. (Verkalkte Capillaren.)

die die Gefäße bisweilen perl schnurartig beiderseits begleiteten (verkalkte Capillaren). Gleichzeitig fand sich reichlich groß- und feintropfiges Fett, teils in den perivasculären Lymphscheiden teils in den Wandelementen der kleinen Gefäße selbst. Bemerkenswerterweise lösten sich die in Abb. 11 dargestellten Aschen nicht in lauwarmem Wasser, gaben aber mit Schwefelsäure keine Gipskristalle, was bei der verhältnismäßig großen Unempfindlichkeit dieser Reaktion keineswegs unbedingt gegen Kalkablagerungen spricht.

Die Abb. 12 zeigt einen auf dem Boden einer hochgradigen Arteriosklerose der Gehirngefäße entstandenen älteren Verödungsbezirk der Brücke. Im Vergleichspräparat war in diesem Herd die Zahl der Gliazkerne etwas vermindert, in ihrer Umgebung fanden sich reichlich großtropfige (Fettkörnchenzellen) und den Ausläufern der Gliazellen entsprechende feintropfige Fettkugeln. Die Ganglienzellen lagen außer-

ordentlich dicht zusammen, ihr Leib färbte sich mit Hämalaun matt hellblau, ihr Kern war nur ab und zu erkennbar. Die Markscheiden der Nervenfasern fehlten im Bereiche des Herdes ganz. Am Rande befanden sich Fasern, die feinste, mit Scharlach sich stark rot färbende Tröpfchen enthielten. Im Aschenbild waren kleine, punktförmige, braunrot gefärbte, also eisenhaltige Scheibchen sichtbar, die stark aufleuchteten (in Abb. 12 die von einem Lichthof umgebenen Gebilde).

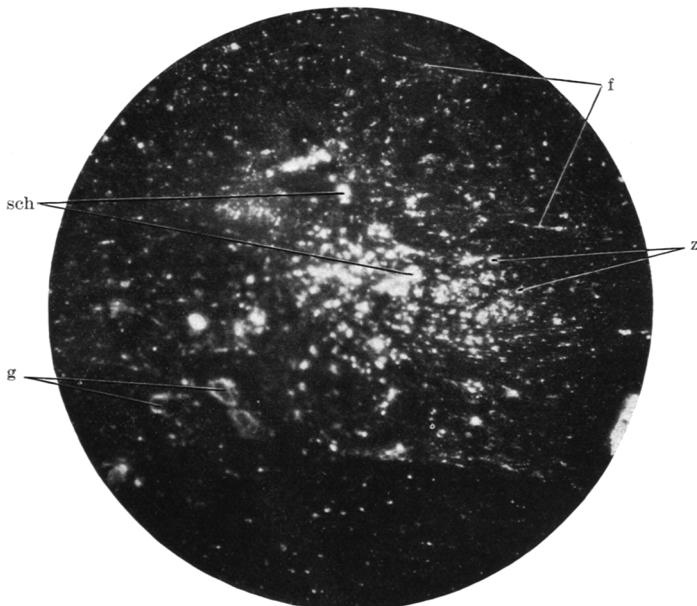


Abb. 12. Arteriosklerotischer Verödungsbezirk der Brücke, 66 Jahre, Urämie, Arteriosklerose, sch im Aschenbild selbst intensiv aufleuchtende, rote Aschenscheibchen, z im Aschenbild blauweiß gefärbte Ganglionzellen, f Nervenfasern, g Gefäße.

Es ließ sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob diese Bildungen sehr stark aschehaltige Gliazellen oder frei im Gewebe abgelagerte, eisenhaltige Aschen darstellen. Die Ganglionzellen, die im Aschenbild als blauweiße Gebilde deutlich zu erkennen waren, enthalten bemerkenswerterweise in dem Herd mehr Asche als an anderen Stellen des gleichen Schnitts. Die Nervenfasern sind als feine aschehaltige Streifen, besonders am Rand erkennbar. Eine ältere (urämische) Blutung in die Brücke stellte sich im Aschenbild als fast homogene, teils rotbraune, teils grellweiße Aschenablagerung dar, die der gesamten Ausdehnung des Herdes entsprach. In einem frischen Erweichungsherd konnte keine wesentliche Aschenvermehrung festgestellt werden.

Die Frage nach der chemischen Zusammensetzung der oben beschriebenen Aschenbilder und damit die Frage nach der topographischen

Verteilung der *einzelnen Aschenbestandteile* ist mit unserer Methodik noch keineswegs restlos zu klären, da es an „lokalisierenden Reaktionen“, d. h. an chemischen Reaktionen, die die einzelnen Bestandteile isoliert zur Darstellung bringen, ohne die Struktur der Aschen zu zerstören, heute noch fehlt.

Nur die Verteilung von zwei Bestandteilen ist jetzt schon einigermaßen sicher festzustellen. Das *Eisen*, das beim Veraschungsprozeß zu rotbraunem Fe_2O_3 oxydiert wird, ist an seiner Farbe kenntlich und kann nach dem Grad dieser Farbe annähernd abgeschätzt werden (*Policard*). Der *Kalk* läßt sich durch Extraktion des Präparates mit Wasser, das die übrigen Aschenbestandteile löst (*Okkels*), evtl. nach Überführen des vorhandenen CaO in wasserunlösliches $CaCO_3$ (*Schultz-Brauns*) vermittels gasförmiger CO_2 (Anhauchen des Schnittes) einigermaßen befriedigend darstellen.

Ein weiterer Rückschluß auf die chemische Zusammensetzung und auch die Verteilung der übrigen Aschenbestandteile läßt sich jedoch machen, wenn man die bei der Veraschung sich abspielenden Vorgänge in Betracht zieht. Bei der trockenen Veraschung, die bekanntlich einen Oxydationsvorgang darstellt, entweichen die flüchtigen Oxyde, also die des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und des Schwefels als CO_2 , H_2O und SO_2 , während der aus seiner organischen Bindung befreite Stickstoff als Gas abdampft. Im Gegensatz zu den Oxyden des C, H, S ist mit der Möglichkeit von Phosphorverlusten bei der Schnittveraschung kaum zu rechnen. Solche Verluste sind zwar von *Tollens*, *Karnowsky* und *Zlararoff* beim trockenen Veraschen größerer Mengen von phosphorthaltigem Material besonders im Platintiegel beobachtet worden und lassen sich auf Reduktion der Phosphoroxyde durch die Kohle unter Bildung von leicht flüchtigem freiem Phosphor zurückführen. Auch *Tudichum* hat schon 1901 mit Nachdruck auf diese Tatsache hingewiesen. Eine derartige Reduktion erscheint jedoch unter den Bedingungen der Schnittveraschung — kleinste Substanzmengen und große Oberfläche bei reichlicher O_2 -Zufuhr — unmöglich. Bei der Schnittveraschung gehen also verloren: C, H, S und O, alle übrigen Gewebsbestandteile, besonders auch der Phosphor, bleiben erhalten. Für die allgemeine Beurteilung dieser Bestandteile im Aschenbild ergibt sich folgende praktische Gruppierung der in Frage kommenden Stoffe:

1. Phosphoroxyde, stammend aus a) dem Lipoidphosphor, b) dem Proteidphosphor, c) dem anorganischen Phosphor;
2. Eisen;
3. Calcium;
4. Rest der anorganischen Aschen (Na , K , Mg , Cl , SO_4).

Diese Summe ist bei den vorliegenden Aschenbildern um den Betrag des Lipoidphosphors vermindert, weil aus den besprochenen Gründen

die Extraktion nötig war. Den vorliegenden Aschenbildern liegt also ein ganz besonderes Niveau zugrunde.

Wenn wir die Aschenbilder auf Grund dieser Gruppierung betrachten, so ergibt sich, daß das von Spatz in den subcorticalen Zentren nachgewiesene Eisen im Aschenbild nicht erscheint, da die Fe-Konzentration offenbar zu gering ist. Dagegen fanden sich größere Mengen von Eisen zweimal in Erweichungsherdern, an denen die Eisenreaktion im Vergleichspräparat ebenfalls positiv ausgefallen war.

Zur Entscheidung der Frage, in welcher Verteilung das Calcium im Schnitt vorhanden ist, wurden die Aschenpräparate nach Anhauchen des Präparates in warmem Wasser (50°) ausgelagert. Es blieben lediglich die Gefäße, aber mit deutlich geringerer Dichte zurück, während von den Aschen der Ganglien- und Gliazellen nichts mehr wahrzunehmen war. Die Aschen der Gefäße bestehen also zum größten Teil aus Ca, wahrscheinlich auch noch aus anderen anorganischen Mineralien. Bei den Aschenbefunden besonders der kleineren Gefäße war auffallend, daß sich kein Parallelismus zwischen Aschenmenge und den im Vergleichspräparat sichtbaren Veränderungen, im besonderen zu dem Grade Hyalinisierung der Gefäßveränderungen zeigte.

Für die Beurteilung der Verhältnisse bei den übrigen Gebilden des Schnittes (Ganglienzellen und Aschenpunkte) ist die Feststellung wichtig, daß die Verteilung dieser Aschen in auffälliger Weise der Verteilung der Nucleoproteide und der Tigroidsubstanz, die nach Ansicht mancher Forscher wie Heidenhain, Mühlmann ebenfalls aus nucleinhaltigem Material besteht. So ist das Tigroid bekanntlich niemals im Neurit, dagegen immer im Dendrit der Purkinjéschen Zellen darstellbar, ebenso waren im Aschenbild niemals die Neuriten, dagegen regelmäßig die Dendriten sichtbar. Außerdem spricht die sehr starke Ammon-molybdaenreaktion, die die mit verdünnter Salpetersäure erwärmten Aschen auf dem Objektträger gaben, dafür, daß reichliche Mengen von Phosphor in diesen Aschen vorhanden sind. Es ist also nach dem Gesagten wahrscheinlich, daß die Aschen der Ganglienzellen wie die Aschenpunkte der Rinde und der weißen Substanz zum großen Teil aus Oxyden des Phosphors, die im wesentlichen von den Nucleoproteiden herrühren, bestehen.

Schrifttum.

- Allers, R.: Z. Neur. 5, 467 (1911). — Bang I.: Asher-Spiro Bd. 6, S. 131. 1907. — Mikromethoden zur Blutuntersuchung. München-Wiesbaden 3. Aufl. 1922. — Blum, L. u. D. Brown: C. r. Soc. Biol. Straßburg 96, 638, 640 u. 642 (1927). C. r. acad. Sci. Paris 184, 484 (1927). — Blum, L., Gruber u. Thier: C. r. Soc. Biol. Paris 96, 643 (1927). — Fränkel, S.: Biochem. Z. 19, 254 (1909). — Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden 1, 6 (1925). — Asher-Spiro, Bd. 8, S. 212, 1909. — Fränkel, S.: u. L. Dimitz: Biochem. Z. 28, 295 (1910). — Gorodisskay, H.: Biochem.

Z. **159**, 379 (1925). — Biochem. Z. **164**, 446 (1925). — *Halliburton*: J. of Physiol. **15**, 90. — *Heidenhain*: M.: Handbuch der Anatomie des Manschen Bd. 8. Plasma und Zelle. Jena 1911. — *Henkel, K. O.*: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden **5**, 1471 (1929). — *Heubner, W.*: Biochem. Z. **156**, 171 (1925). — *Jakobi, W. u. W. Keuscher*: Arch. f. Psychiatr. **79**, 323 (1927). — *Karnowsky, M.*: Z. exper. Agronomie (russisch.) **14** (1913). Zit. nach *Zlatowoff*. — *Koch, M. L. u. C. Voegelin*: Hyg. Laborat. of Washington. Tom. 2, p. 103. 1916. Zit. nach *E. Schmitz*: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 9, S. 47. 1929. — *Koch u. Riddle*: Amer. J. of Physiol. **47**, 92 (1918). — *Koch, W.*: Hoppe-Seylers Z. **36**, 134 (1902). — *Koch, W. u. S. A. Mann*: Arch. Neur. a. Psychol. 1910. — *Liesegang, R. E.*: Biochem. Z. **28**, 413 (1910). — *Lubarsch, O.*: Berl. klin. Wschr. **65** (1917). — *Macallum, A. B.*: Asher-Spiro. Bd. 7, S. 522. 1908. — *Marx, H.*: Biochem. Z. **179**, 414 (1926). (1922/23). — *Molisch, H.*: Mikrochemie der Pflanze. Jena 1923. — *Mott J. W. u. W. Barratt*: J. of. Physiol. **24**, prcc. 3—5 (1899). — *Mühlmann, M.*: Z. Zellforschg **9**, 297 (1929). — *Neubauer, E.*: Biochem. Z. **21**, 321 (1909). — *Okkels, H.*: Bull. histol. appl. **4**, 134 (1927). — *Ostertag, B.*: Arch. f. Psychiatr. **73**, 643 (1925) u. **80**, 662 (1927). — Zbl. Path. **33**, 226. (1922/23) — *Petrowsky, W.*: Pflügers Arch. **7**, 367 (1873). — *Pighini, G.*: Biochem. Z. **46**, 450 (1912); **63**, 304 u. 336 (1914); **113**, 231 (1921); **122**, 144 (1921). — *Policard, M. A.*: C. r. Acad. Sci. Paris **176**, 1187, 1012 (1923). Bull. Histol. appl. **1**, 26 (1924). Weitere Arbeiten siehe bei *Schultz-Brauns*. — *Schmitz, E.*: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 9, S. 47 (1929). — *Schultz-Brauns, O.*: Virchows Arch. **273**, 1 (1929). — *Schultz-Brauns, O. u. L. Schoenholz*: Arch. Gynäk. **136**, 503. — *Smith u. Mair*: J. of Path. **17**, 609 (1913). Zit. nach *E. Schmitz*. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. — *Spatz, H.*: Z. Neur. **25**, 102 (1921). — *Spielmeyer*: Histopathologie des Nervensystems. Berlin: Julius Springer 1927. — *Thierfelder, H.*: Hoppe-Seylers Z. **43**, 21 (1904); **44**, 366 (1905) u. **46**, 518 (1905). — *Tollens*: Zit. nach *Zlatowoff*. — *Tscharkes, A. u. H. Gorodisskay*: Biochem. Z. **168**, 48 (1926). — *Tschopp, E.*: Handbuch der mikroskopischen Anatomie. Bd. 1, S. 559. 1929. — *Tudichum*: Die chemische Konstitution des Gehirns des Menschen und der Tiere. Tübingen 1901. — *Unna u. Gans*: Berl. klin. Wschr. **1914**, Nr 25. — *Weil, A.*: Hoppe-Seylers Z. **89**, 349 (1914). — *Zlataroff, A.*: Biochem. Z. **76**, 218 (1916).