

# Über Sprach-, Musik- und Rechenmechanismen und ihre Lokalisationen im Großhirn.<sup>1)</sup>

Vortrag in der Schwedischen Ärzte-Gesellschaft zu Stockholm  
am 16. IX. 1919.

Von  
Prof. Dr. S. E. Henschen, Stockholm.

*(Eingegangen am 22. August 1919.)*

Die wissenschaftliche Periode der Hirnforschung rechnet noch kaum 60 Jahre. Und doch muß ein jeder, der der Entwicklung dieser Forschung gefolgt ist, einräumen, daß ihre Fortschritte im Verhältnis zu der verflossenen Zeit enorm sind. Die Oberfläche des Gehirns ist nicht mehr, wie Flourens, gestützt auf unvollständige Experimente, behauptete, eine gleichförmig gebaute und funktionierende Masse, sondern wir können zur Zeit die Richtigkeit der schon 200 Jahre n. Chr. aufgeworfenen Behauptung des Galens, und später der von dem genialen Schweden Swedenborg (um 1740) entwickelten Lehre bestätigen, daß es sowohl in der Rinde, wie im Innern des Gehirns eine weitgehende Arbeitsverteilung gibt. Cartesii philosophische Doktrin, daß der Menscheist ohne Gehirn denken kann, oder Sömmerings u. a. Behauptung, daß die Geistesfähigkeiten im Hirnwasser oder in den Gehirnhöhlen, liegen, ist durch eine detaillierte Analyse dieser Fähigkeiten und ihrer anatomischen Unterlage ersetzt.

Zu dieser schönen Entwicklung der Hirnwissenschaft haben die Anatomie, die Physiologie und die klinisch-anatomische Forschung, wenn auch in nicht ganz gleichem Maße, beigetragen.

Die modernen Färbungsmethoden nach Weigert, Marchi, Nissl, Golgi und Cajal verschafften uns einen tieferen Einblick in den Bau der Zellen und der Nervenfasern, sowie in den Zusammenhang zwischen den einzelnen Hirnteilen und damit ihrer Funktionen. Flechsig's geniale Myelinisationsforschung hat den wunderbaren Aufbau des Gehirns nachgewiesen. Ganz wie man beim Bauen eines Hauses genau folgen kann, wie die eine Balkenlage nach der anderen eingelegt wird, ehe die innere feinere Ausrüstung angeordnet wird, so kann man mittels dieser Methode den Aufbau dieses Organs verfolgen.

<sup>1)</sup> Vorläufige Mitteilung aus einer ausführlichen Abhandlung.

Die Hirnrinde, die noch vor wenigen Jahrzehnten eine fast gleichförmig gebaute Fläche war, wurde zuerst von Meynert, dann von dem jungen, leider zu früh hinweggerafften Schweden Hammarberg, von Campbell und Flechsig, Elliot Smith und dann von dem leider auch zu frühzeitig verschiedenen Brodmann durch eingehende Untersuchungen der Cytoarchitektonik in eine große Anzahl von Feldern, alle von charakteristischem Bau, eingeteilt.

Und durch die mehrjährigen systematischen und mühevollen Detailuntersuchungen von Cécile und Oscar Vogt (in Berlin) über die Stratifikation der Nervenfasern wurden wir überzeugt, daß die architektonischen Felder Brodmanns in der Tat in eine Unmasse von kleineren, durch verschiedene Lagerung und Dicke der Fasern, sowie der Zellen charakterisierten Kleinfeldern eingeteilt werden müssen. Je mehr die Detailarbeit fortschreitet um so mehr verwickelt und zerlegbar zeigt sich die Hirnrinde. Und diese Arbeit findet ihre Grenze erst an der Grenze der Schärfe des Mikroskops und der menschlichen Fähigkeit zu unterscheiden.

Schon diese anatomischen Detailuntersuchungen überzeugen uns, daß die Funktionen des Gehirns und besonders der Hirnrinde unendlich ungleichartig sein müssen, und daß wir mit unseren bisherigen klinischen Methoden nur an der Eingangspforte einer Forschungsperiode stehen, die uns immer neue Forschungsfelder, neue Perspektiven in bezug auf dieses Organ eröffnen wird, welches das interessante Zentralorgan sowohl des Geistes wie des Körpers ist, und welches aus seiner hohen Residenz die bewundernswerte Organisation des Menschen steuert und beherrscht.

An der Seite der anatomischen Forschung hat die experimentelle Physiologie uns neue Anregungen und Erwägungen betreffs der Hirnfunktionen gegeben, aber sie hat auch in den Händen Flourens' und Magendies u. a. in wichtigen Punkten die Forschung auf Irrwege geführt und die Entwicklung beeinträchtigt. Durch die Untersuchungen von Hitzig und Fritsch und dann von Horsley und Beever, sowie jüngst von Cécile und Oscar Vogt mittels der elektrischen Reizung und der Exstirpation der Rinde wurde die detaillierte Anordnung der sog. motorischen Zentren bekannt und dadurch die Lokalisation der motorischen Funktionen in exakter Weise bestimmt.

Aber sobald die Physiologen suchten durch elektrische Reizung oder Exstirpation von Rindenabschnitten die Funktionen der sensiblen oder sensorischen Zentren zu erforschen, so erwiesen sich diese Methoden weniger befriedigend oder exakt, indem die Tiere keine sicheren Antworten über die Wirkung der Reizung oder der Exstirpation abgeben konnten, und diese Methoden führten selbst die hervorragendsten

und geschicktesten Hirnoperateure Europas — einen Hitzig, Ferrier, Luciani, Munk, v. Monakow u. a. — auf Irrwege. Die Physiologen führten während Jahrzehnte ein „bellum omnium inter omnes“ und gelangten miteinander in Widerspruch und säbelten einander nieder. Zwar gab diese experimentelle Forschung eine kräftige Anregung und brachte gewisse neue Ideen, wie die Begriffe Munks — Seelenblindheit, Seelentaubheit —, aber gleichzeitig führte diese Forschung zur Verkenntung mancher Resultate der klinisch-anatomischen Methoden. Das physiologische Experiment zeigte sich unfähig, die genaue Lokalisation und Begrenzung, aber vor allem die Organisation eines einzigen der sensiblen und sensorischen Zentren und ihrer Funktionen nachzuweisen.

Und die Resultate der klinisch-anatomischen Methoden wurden von einigen Experimentatoren vor allen von v. Monakow, dem verdienten Züricher Anatomen, hartnäckig bekämpft, indem er diese Resultate nicht mit seinen auf Tierexperimente fußenden Anschauungen in Einklang bringen konnte. Deshalb steht auch dieser Forscher selbst betreffs der wichtigsten prinzipiellen Lokalisationsfragen auf einem veralteten Standpunkte und ist im ganzen ein Gegner der modernen Lokalisationslehre.

Der Durchbruch auf diesem Gebiete wurde durch die Entdeckung des Verfassers sowohl der Lage und der Begrenzung, wie besonders der Organisation des Sehzentrum und den Nachweis, daß die Sehirinde in der Fissura calcarina einen spezifischen Bau hat, gemacht. Mit dem Nachweis, daß hier eine Projektion der Augenretina stattfindet, wurde der Grund der modernen Auffassung der Funktionen der Hirnrinde gelegt, indem der verschiedene Bau, den die Rinde in den verschiedenen Feldern darbietet, verschiedene Funktionen der Felder andeutet und die fast unzähligen Felder also ebenso vielen Funktionen entsprechen; und da C. und O. Vogt nachgewiesen haben wollen, daß diese etwa 200 Felder fast haarscharf voneinander getrennt sind, so müssen auch ebenso viele voneinander selbständige Funktionen existieren und durch ihre Zusammenwirkung dieses komplizierte Spiel zustande kommen, das das Wesen der höheren psychischen Funktionen bildet.

Aber nicht nur das Sehzentrum hat einen spezifischen Bau, wir wissen jetzt, daß dies auch mit der Rinde der Gehör- und Sensibilitätszentren der Fall ist. Auch die Geruchsrinde ist spezifisch gebaut; dagegen kennen wir weder die Lokalisation noch die Struktur des Geschmackszentrums.

Erst nachdem wir uns sichere Kenntnisse von der Lokalisation und Organisation der Sinnesflächen erworben haben, kann das Problem der höheren psychischen Mechanismen in Angriff genommen werden,

wobei unsere mangelhaften Kenntnisse von der Rindenfläche des Gehirns der psychischen Forschung kein Hindernis setzen darf. Aber da die Psychologen nur einen Saltomortale über das bisher ungelöste Problem der cerebralen Sinnesflächen machten, so suchten sie die psychologischen Doktrinen über unsere Auffassung der Außenwelt auf losen Grund zu bauen.

Aber nachdem der Grund der Sinneslokalisation jetzt gelegt ist, wenn auch wichtige Details in der Ausarbeitung der Probleme noch fehlen, wird der nächste Schritt sein, die anatomische Unterlage der höheren psychischen Funktionen zu erforschern.

Daß in der Nähe der Sinnesflächen Rindenflächen für diese höheren Funktionen, nämlich der Vorstellungen, existieren, daran kann man nicht zweifeln. Die laterale Occipitalrinde vermittelt unzweifelhaft die Gesichtsvorstellungen und ihre Zerstörung führte zur Seelenblindheit oder optischen Agnosie; ihre Reizung ruft aber Sehalluzinationen hervor.

Die laterale Temporalrinde vermittelt höhere psychische akustische Funktionen, besonders die Auffassung der Sprache; die Zerstörung des hinteren Drittels der ersten Temporalwindung ruft Wort-(Sprach-)Taubheit hervor; und wenn die Zerstörung der Temporalrinde sehr ausgedehnt ist und bilateral wird, tritt ein Ausfall der akustischen Vorstellungen in unserem Bewußtsein ein; die akustische Welt des betreffenden Individuums fällt aus — akustische Agnosie tritt ein.

Analog damit, wenn auch nicht genau ermittelt, ist das Problem von der Lokalisation der taktilen Vorstellungen, aber es unterliegt kaum einem Zweifel, daß die in die hinteren Zentralwindungen aufgenommenen sensiblen Empfindungen in den hinter diesen liegenden Parietalwindungen zu taktilen Vorstellungen verarbeitet werden, und daß die Stereognosie hier ihren Sitz hat und daß durch ihre Zerstörung die taktile Agnosie entsteht, wie vor anderen Karl Schaffer durch seinen Fall nachgewiesen hat.

Optische, akustische und taktile psychische Elemente gehen in unsere alltäglichen höheren Vorstellungen von der Außenwelt ein und konstituieren beim Menschen wesentlich diese, während die olfaktorischen und gustatorischen Vorstellungen bei den Tieren eine relativ wichtigere Rolle spielen.

### Sprache.

Aber nur durch das Studium der den Menschen eigentümlichen und spezifischen Geistesfähigkeiten können wir uns einen tieferen Einblick in die höchsten psychischen Funktionen des Menschen und ihre Mechanismen verschaffen. Die Sprache und die Schrift in ihren rezeptiven und produktiven Formen ist in ihrer vollendeten

Ausgestaltung das für den Menschen Charakteristische und eine der höchsten psychischen Geistesfähigkeiten des Menschen. Deshalb ist auch das Studium der pathologischen Störungen der Sprache und der Schrift eine der wichtigsten Quellen beim Studium der Lokalisation und Organisation der höchsten psychischen Funktionen.

Mit Eifer haben auch die Forscher aus dieser Quelle geschöpft, und fast jeder Arzt, der einen Fall von Aphasie beobachtet hat, glaubte sich berufen, seine Beobachtung zu publizieren und darüber Betrachtungen hinsichtlich der Diagnose und Lokalisation anzustellen, die um so weitschweifiger wurden, je dunkler der Fall war. In dieser Weise nahm die Aphasie-Literatur nach und nach einen solchen Umfang an, daß sie jetzt kaum von dem Forscher beherrscht werden kann. Die Anzahl der Schriften über die Aphasie dürfte zur Zeit etwa 3000, von den kleinsten Notizen bis zu dicken Büchern, erreichen. Mit besonderer Vorliebe wurden Fälle ohne Sektion der Gegenstand weitläufiger diagnostischer Überlegungen, obschon die Erfahrung ergab, daß eben die Diagnose oft mißlich oder fehlerhaft war.

Während die früheren Forscher auf diesem Gebiete Broca, Kussmaul, Bastian und Charcot das Ziel verfolgten, eine Lokaldiagnose zu erreichen und demnach die Aphasielehre auf anatomischer Basis zu bauen, nahm bald die Forschung, nach dem glücklichen Fund Wernickes der Lokalisation der Worttaubheit in der ersten Temporalwindung, einen konstruierenden Charakter an, wobei Wernicke und Lichtheim mit ihren allbekannten Schemata vorangingen, und zwar ohne daß zuerst ein sicherer anatomischer Grund gelegt wurde. Als Oberbau der vier klassischen Aphasieformen wurde das Luftschloß der transcorticalen Formen gebaut, ohne eine kritische Untersuchung zuerst anzustellen, ob diesen auch eine anatomische, spezifische Lokalisation entsprach. Und in dem Gewirre der Anschauungen erklärten endlich die Psychologen unter Storch und v. Monakow u. a., daß jeder Versuch zu bestimmten begrenzten Rindengebieten die verschiedenen Aphasieformen zu lokalisieren vergeblich werden müsse und schon vom Beginn zum Mißlingen verurteilt sei. Und statt klare und unumstößliche Tatsachen zu bringen, hat vor anderen v. Monakow sich in orakelmäßigen Formeln verloren, in denen seine dunkle Diaschiasis-Doktrin eine hervorragende Rolle spielte, die zu Widersprüchen führten.

Die Folge davon wurde, daß die ganze Aphasielehre ein Chaos darbietet, in dem selbst die Hauptprobleme, ob die Aphasieformen auf lokalen Veränderungen beruhen oder nicht, ungelöst stehen. Die Schuld dieser Verwirrung liegt wesentlich in dem Verabsäumen, die Lehre auf anatomische Basis zu bauen; sie wurde fast mehr aus Schemata und dunklen psychologischen Überlegungen hervorkonstruiert, wobei selbst ein von keinem geschautes „psycho-physisches“ Substrat erfunden

wurde. Es ist an der Zeit, zu den anatomischen Gesichtspunkten Charcots, Bastians und Kussmauls, die in Lennmalms Abhandlung 1886 einen prägnanten Ausdruck gefunden haben, zurückzukehren, ohne dabei die psychologischen aus dem Auge zu verlieren.

Durch die Entdeckung der optischen und akustischen Sinneszentren wurde indessen ein sicherer Grund und Ausgangspunkt der Aphasielehre gelegt. Es gilt auf diesem Grund weiterzubauen.

Dabei hat indessen in jüngster Zeit besonders Niessl von Mayendorf in seinem dicken Werke (1911) sich so gründlich in der Deutung der Funktionen der Sinnesflächen geirrt, daß sein ganzer Aufbau der Aphasielehre über den Haufen fallen muß, indem er diesen primären Aufnahmestationen der Sinnesreize höhere psychische Funktionen zuerkennen will. Wenn Niessl v. Mayendorf behauptet, daß die psychische Deutung des Gelesenen in der Macularrinde des Occipitallappens vor sich geht, daß in der Gehörrinde die psychisch-akustische Auffassung des gesprochenen Wortes vonstatten geht, so irrt er sich eben so gründlich wie Wernicke, als er in seiner letzten Abhandlung (Deutsche Klinik 1906) die psychische Auffassung des gehörten Wortes mit dem Hören der Sprachsexta ( $h, — g''$ ) identifiziert, und behauptet, daß die Nerven dieser Töne in dem Wernickeschen Felde und die der niedrigeren und höheren Töne dagegen in den übrigen Temporalwindungen enden. Durch diese Lehre hat Wernicke, der berühmte Grundleger der modernen Aphasielehre, in der Tat sein Werk umgestürzt und die psychische Auffassung des gehörten Wortes zu einer primären partiellen Tontaubheit erniedrigt — durch v. Bezolds Behauptung verwirrt, daß für die Auffassung der Lautsprache die Fähigkeit, die Sprachsexta ( $h, — g''$ ) zu hören erforderlich war und daß mit dem Verlust dieser Fähigkeit Worttaubheit notwendig eintrete. Inzwischen haben Fälle von Bonhoeffer und Henschen dieser falschen Lehre den anatomischen Boden entzogen. Wernickes neue Lehre ruht auf zwei Voraussetzungen: 1. daß der Hörnerv in den  $T' — T'''$  endigt (er endigt im Gyrus transversus); und 2., daß bei der Worttaubheit eine partielle Tontaubheit (der Töne  $h, — g''$ ) existiert. Beide Voraussetzungen sind falsch.

Eine der wichtigsten Ursachen der Entgleisung der Aphasielehre ist ferner, daß man oft versuchte, aus komplizierten Fällen die anatomischen Befunde hervorzukonstruieren, ohne zuerst auseinanderzusetzen, welche aphasische Symptome bei begrenzten Läsionen der einzelnen Windungen auftreten.

Um sich der Fehler und der Verwirrung, die die Aphasielehre zur Zeit darbietet zu entledigen, ist es vonnöten, 1. von den einfachsten und kleinsten anatomischen Läsionen auszugehen und die klinischen Folgen dabei zu untersuchen, 2. dann erst zu den mehr ausgedehnten

Läsionen systematisch fortzuschreiten und 3. nicht nur einzelne Fälle, sondern das gesamte Material in Bearbeitung zu nehmen.

Dieses Material ist sachlich genommen eine kleine Mannesbürde, denn selbst die Sektionsfälle beziehen sich nach meiner Registrierung wohl auf ca. 1500 Fälle. Dazu kommt eine große Anzahl nicht von mir registrierter klinischer Fälle, von denen viele wertvoll sind und noch mehrere infolge Mangelhaftigkeit der Beschreibungen für die Wissenschaft völlig wertlos sind. Jeder von jenen Fällen muß sorgfältig analysiert und verwertet werden, und zwar sowohl in bezug auf die klinischen Symptome, wie die anatomischen Läsionen. Ohne durch die Konstruktionen Wernicke-Lichtheims, Niessl v. Mayendorfs, v. Monakows, Goldsteins oder Maries sich irreführen zu lassen, müssen zuerst die Probleme gelöst werden, welche Symptome eine Läsion von T', T'', T''', A, F<sup>3</sup>, F<sup>2</sup> usw. hervorruft; erst nachdem dieses Problem gelöst worden ist, können mehr komplizierte Fragen zur Lösung aufgenommen werden. Sichere Antworten dieser einfachen Fragen scheinen in der Literatur noch nicht vorzuliegen. Aber die Forschung muß diesen Weg einschlagen.

Bei der präliminären, nicht mühelosen Arbeit, die ich seit einigen Jahren auf diesem Felde vorgenommen habe, wurde ich sowohl von der Berechtigung wie der Ergiebigkeit dieser Methode überzeugt, ebenso davon, daß Goldsteins und v. Monakows Geringschätzung des anatomischen Ausgangspunktes in bezug auf die Aphasieforschung unberechtigt und falsch ist. Es ist der kombinierten, klinisch-anatomischen Analyse überhaupt vorbehalten, die verwickelten Probleme der Aphasie zu lösen.

Dieselbe Methode wird auch in der psychischen, normalen und besonders pathologischen Forschung uns zum Ziele führen.

Die Sprache bildet in ihren verschiedenen Formen — der rezeptiven, optischen und akustischen — und in ihren expressiven Teilen einen Einheitsmechanismus. Dieser besitzt zwei rezeptive Foci in T' und A und zwei motorische vor C<sup>a</sup> gelegene. Diese Foci sind gewissermaßen selbständig. Die Lehre Wernickes von einer gemeinsamen sensorischen Form, und daß das akustische Zentrum in T' das optische beherrscht, hat zur Verwirrung der ganzen Aphasielehre, die durch Charcot, Bastian und besonders Kussmaul auf tatsächlichen Grund aufgebaut wurde, beigetragen. Wernicke-Lichtheims konstruktive Schemata haben die Verwirrung eingeleitet, die durch Goldsteins auf psychologischen Grund aufgebaute Arbeit über die transcorticalen Aphasien noch weiter gefördert wurde.

Wie schon erwähnt wurde, bildet der Mechanismus der Sprache, die eine gewisse Form psychischer Wirksamkeit vermittelt, eine anatomisch-funktionelle Einheit, welche sich dadurch kundgibt, daß

Läsionen an einem Punkt auf andere Punkte des Systems widerhallen, daß oft mehrere der Foci gleichzeitig getroffen werden, selbst wenn sie entfernt voneinander liegen wie z. B. A und F<sup>3</sup>, und daß alle diese Foci für eine vollständige Auffassung und Aktion der verschiedenen Formen der Sprache gewissermaßen notwendig sind. Dieses anatomisch-funktionelle System, bin ich geneigt, einen psychischen Verband zu nennen. Wie ein militärischer Verband verschiedene Truppengattungen enthält, die bei der Aktion zusammenwirken, so wirken auch bei der Ausübung der Sprachfunktionen — dies Wort in weiterem Umfange gebraucht — bei den Mitteilungen zwischen den Menschen und in der Kulturarbeit, die verschiedenen Foci und ihre Assoziationsbahnen intim zusammen. Gleichzeitig besitzen doch diese Foci eine gewisse Selbständigkeit, aber bei Störung eines einzelnen Focus wird die Sprachfähigkeit unvollständig und defekt.

### Die Musik.

Wenn die Fähigkeit des Menschen, durch die Sprache und die Schrift seine Gedanken auszudrücken, die unumgängliche Bedingung der Zivilisation und der geistigen Entwicklung des Menschengeschlechtes ist und die Sprache dazu dient, die Gedanken zu entwirren und auszukristallisieren, so gibt es an ihrer Seite einen anderen psychischen Mechanismus, der mehr geeignet ist, Ausdrücke der Gefühle zu geben — ich meine die Musik in ihren verschiedenen Formen. Sie erhöht das Kulturleben und ist ein Kulturfaktor von großer, wenn auch mehr subjektiver Bedeutung geworden.

Die Musik ist eine mehr primitive Fähigkeit als die Sprache und wird schon bei einer Anzahl von Tieren angetroffen, die sowohl Musik auffassen und durch den Gesang einen Ausdruck ihrer Gefühle geben können, wie z. B. wenn die männlichen Vögel in der Begattungszeit ihre Serenaden vor den weiblichen Mitgliedern abhalten. Die Musik beim Menschen scheint aus den rhythmischen Bewegungen des Körpers, und zwar besonders aus und beim Tanzen entstanden zu sein. Der Rhythmus ist ein konstituierender Faktor der Musik; der zweite ist die Fähigkeit, die Tonhöhe aufzufassen und beim Gesang und Spiel zu treffen. Ohne Rhythmik und Melodie keine Musik, die doch außerdem eine gewisse Modulation, Intensitätswechsel und Variation bei der Ausführung erfordert, um Musik zu werden.

Die Musik bildet wie die Sprache in ihren gesamten Formen einen psychischen Mechanismus, gewissermaßen eine Einheit, und sie besitzt ganz analoge Formen mit denen der Sprache. Aus guten Gründen unterscheidet man auch in der Musik eine rezeptive Form und gleichwie bei der Sprache umfaßt diese eine akustische — den eigentlichen Musiksinn, dessen Störung als Tontaubheit bezeichnet wird, ein



Pendant zur Worttaubheit, und eine optische, die Notenblindheit, analog mit der Wortblindheit — sowie eine motorische Hauptform, die durch den Gesang, der der Sprache entspricht, und durch die instrumentale Musik, die mit der Schreibfähigkeit analog ist, zum Ausdruck kommt. Unfähigkeit zu singen entspricht der Aphämie; die Notengraphie und die Instrumentalamusie der Wortagraphie.

Die Störungen in bezug auf die Rezeption oder Expression der Musik entsprechen demnach vollständig denen der Sprachstörungen. Es gibt also vier Hauptformen der Musikstörungen: Tontaubheit und Notenblindheit, Unfähigkeit zu singen, die ich Avokalie nenne, und die Notengraphie und die instrumentale Amusie, die auch Musikapraxie genannt werden kann.

Diese vier verschiedenen Formen bilden zusammen einen psychischen Mechanismus, und infolge ihres Zusammenhangs untereinander, kann man aus guten Gründen von einem Musikverband sprechen. Dieser besteht demnach aus 4 Foci, 2 sensorischen und 2 motorischen; jene umfassen ein Zentrum für das Tongehör und eines für das Tonlesen, diese ein Zentrum für Gesang und eines für das Spielen auf Instrumenten.

Daß der Mechanismus für Musik von dem der Sprache völlig verschieden, aber ihm doch ganz analog ist, das geht aus der Kasuistik hervor. Diese umfaßt zur Zeit nach meiner Registrierung eine Anzahl von etwa 200 teils positiven, teils negativen Fällen, diese zahlreicher als jene. Aus dieser Kasuistik geht unmittelbar hervor, daß die Musikzentren und ihre Funktionen von denen der Sprache in hohem Grade, doch nicht lokal unabhängig sind. Es zeigt sich nämlich, daß unter 121 an Aphämie Leidenden (bei vielen in der schwersten Form, so daß sie nur einige unbegreifliche Laute hervorbringen konnten wie be, ba, bi eller yes, no, oui und non), doch 84 oder etwa  $\frac{2}{3}$  mehr oder weniger musikalisch bekannte Melodien singen konnten; und unter 65 Worttauben, die also Worte (Sprache) nicht auffassen konnten, nicht weniger als 45 nicht tontaub waren, sondern Musikgehör oder Musiksinn besaßen.

In derselben Weise verhält es sich mit der Notenblindheit. Die betreffenden Beobachtungen sind natürlich recht spärlich. Unter 12 Wortblinden, die also unfähig waren, Buchstaben oder Worte zu lesen, konnten doch 4 Noten lesen. Und weiter konnten mehrere, die vollständig ihre Fähigkeit, sich im Sprechen oder Schreiben auszudrücken, verloren hatten, doch ungehindert selbst höhere Musik ausüben — ja selbst Konzerte auf Violine oder Piano spielen.

Eine detaillierte Untersuchung<sup>1)</sup> der musikalischen Begabung im Verhältnis zu der Sprachfähigkeit, in allen ihren Formen gefaßt, hat mich überzeugt, daß die Musik- und Sprachmechanismen zwei von-

<sup>1)</sup> Die anderswo publiziert wird.

einander unabhängige, psychische Verbände oder Symptomkomplexe bilden, in denen doch analoge Störungen auftreten.

Auf der anderen Seite zeigt sich auch eine gewisse Verwandtschaft unter diesen Prozessen, indem unter den Aphämischen, wie schon erwähnt wurde, etwa  $\frac{1}{3}$ , nach dem Eintritt der Sprachstörung, an Avokalie (Unfähigkeit zu singen) leidet; und ebenso sind unter den in der Kasuistik angeführten 65 Worttauben auch etwa  $\frac{1}{3}$  tontaub, und von den Wortblinden ist auch etwa  $\frac{1}{3}$  notenblind. Bei dem Eintritt der Aphasie verlieren viele ihre Fähigkeit, Instrumente zu spielen. Die betreffende Kasuistik ist aber zur Zeit zu gering, um statistisch verwertet zu werden.

Eine Untersuchung über die Lokalisation der Musikzentren bietet infolge der Mangelhaftigkeit der kasuistischen Details gewisse Schwierigkeiten. Eine Analyse der vorhandenen Sektionsfälle — negativen wie positiven — in allem etwa 100, hat mich überzeugt, daß die Tonauffassung, der akustische Musiksinn, ihren Sitz im Pole der linken ersten Temporalwindung, also in dem frontalen  $\frac{1}{3}$  dieser Windung, hat. Die betreffende Rinde hat auch eine von dem übrigen Abschnitt derselben Windung verschiedene Cytoarchitektur. Die Zerstörung dieser Rinde beraubt das betreffende Individuum seiner Fähigkeit, die Tonhöhen zu unterscheiden und zugleich des Rhythmusgefühls, obschon dieses wohl, wie es scheint, eine kinästhetische Funktion sein darf, und deshalb etwas höher, im Parietallappen, im Gebiete der taktilen Vorstellungen theoretisch zu suchen wäre.

Andere Forscher kamen indessen nicht zu diesem Resultate. In einzelnen Fällen scheint der rechte Temporalpol vikariierend eintreten zu können. Edgrens bekannter Fall mit bilateralen, doch unsymmetrischen Läsionen der ersten Temporalwindungen scheint überhaupt an sich den Sitz des Musiksinns nicht entscheiden zu können, ist dagegen mit den übrigen Fällen zusammengestellt für die Lokalisation sehr wertvoll.

Noch größerer Schwierigkeit begegnet man beim Aufsuchen des Gesangszentrums. Der unkultivierte Gesang ist hauptsächlich eine Funktion des Kehlkopfes im Verein mit der Respiration; es liegt alsdann am nächsten, das Gesangszentrum in der Nähe des von den Physiologen nachgewiesenen Zentrums des Kehlkopfes zu lokalisieren, von wo durch den elektrischen Strom Bewegungen der Stimmbänder hervorgerufen werden. Dieses Zentrum wird von Horsley und jüngst von Cécile und Oscar Vogt etwas frontal und ventral von den Zentren für Zunge, Lippen und Pharynx, also der Sprechorgane, verlegt.

Eine Analyse der vorliegenden klinisch-anatomischen Tatsachen erlaubt auch auf diese Fläche das Gesangszentrum des Menschen zu verlegen, obzwar einige Daten nicht völlig klar sind. Das Gesangszentrum

liegt also fronto-ventral von dem sog. Brocaschen Zentrum, d. h. dem Pes von F<sup>3</sup>. Wird die Läsion zum hintersten Abschnitt der linken F<sup>3</sup> begrenzt, dann tritt nur Aphemie ohne Avokalie ein, ist sie aber nach vorne ausgedehnt, so treten zugleich Sprach- und Gesangstörungen ein. Mehrere positive und via exclusionis negative Fälle sprechen für oder beweisen die Richtigkeit dieses Schlusses.

Dieses Resultat steht doch im Widerspruch mit der Meinung der Mehrzahl der Forscher auf diesem Gebiete. Max Mann, Mendel und Auerbach lokalisieren das Gesangszentrum auf (meist die rechte) F<sup>2</sup> im Pes, und erklären dadurch, daß die Gesangsfähigkeit so oft trotz der Aphämie erhalten bleibt. Doch wird dadurch nicht genügend erklärt, daß die Avokalie so oft mit Aphämie vereint ist.

Noch größere Schwierigkeiten hat man, die Notenblindheit zu lokalisieren. Daß sie in bezug auf die Lokalisation nahe der Wortblindheit steht, geht daraus hervor, daß beide oft zusammen vorkommen. Auch weisen die wenigen vorhandenen Tatsachen auf die Angulargegend hin, wenn auch nicht die Angularwindung deckend. Eher liegt das Zentrum des Notenlesens etwas mehr nach vorne, wahrscheinlich in der Rinde der Intraparietalfurche, demnach an der Grenze zwischen den Angular- und Parietallappen, und zwar wie die übrigen Musikzentren in der linken Hemisphäre.

Diese Lokalisation erklärt genügend, daß die Notenblindheit so oft mit der Wortblindheit vorkommt.

Was endlich das Zentrum für Instrumentalmusik betrifft, so sind die betreffenden Tatsachen sehr spärlich. Schon a priori ist es anzunehmen, daß, da diese mit Hilfe verschiedener Körperteile ausgeführt wird, auch die Zentren an verschiedenen Stellen liegen dürften. Das Pianospiele wird ja mit den beiden Händen ausgeführt, wenn auch die rechte Hand feiner arbeitet; der Violinist führt mit der linken Hand die mehr mechanische Arbeit, mit der rechten den mehr psychischen Anteil des Spieles aus. Anton und andere betrachten deshalb die Violine- und Violoncellospieler als linkshändig. Der Blasinstrumentalist arbeitet teils mit dem Phonations-Atmungsapparat, teils auch mit den Fingern und mit dem rechten Arm (Posaune).

Mehrere Beobachtungen deuten darauf hin, daß gute Gründe vorliegen, daß beim Violinspielen der Pes der rechten F<sup>2</sup> eine bedeutende Rolle spielt. Dieser soll auch nach Auerbach bei dem berühmten Cellisten Coßmann eine auffallende Hypertrophie erreicht haben, und Ludwig und Max Manns und Mendels traumatische Fälle scheinen auch darauf zu deuten, daß ein Musikzentrum in dem Pes der rechten F<sup>2</sup> liegt. Die Fälle sind aber zur Zeit zu spärlich, um sichere Schlüsse zu erlauben.

In bezug auf die Lage dieser Zentren ist weiter hervorzuheben,

daß, wie die sensiblen und motorischen Zentren in den Zentralwindungen einander gegenüber und in der Nähe voneinander liegen, auch die Zentren für den Tonsinn und Gesang recht nahe und einander gegenüber liegen.

Daß diese Zentren oder Foci durch Assoziationsbahnen nahe miteinander verbunden sind, ist zwar sehr wahrscheinlich, aber nicht so klar wie in bezug auf die analogen Sprachzentren nachgewiesen. Diese Bahnen nebst den Zentren bilden ein zusammenhängendes System — den musikalischen Verband —, einen psychischen Mechanismus für die miteinander nahe verbundenen musikalischen Funktionen, welche demnach eine psychische Einheit bilden.

### Arithmetik.<sup>1)</sup>

Von größter Bedeutung für das tägliche Zusammenleben der Menschen, für das Handeln und Wandeln ist weiter der arithmetische Sinn des Menschen. Wir wissen ja wie wenig dieser Sinn bei den niedrigeren, den wilden Völkern ausgebildet ist, bei denen viele Leute nicht rechnen können oder für höhere Ziffern als 3—4 keine Ausdrücke haben, und bei denen jedenfalls die Fähigkeit selbst der einfachsten Kalkulation fehlt. Auf dasselbe niedrige Maß arithmetischer Fähigkeit werden viele Individuen nach einem Schlaganfälle, besonders bei den Aphasischen herabgedrückt. Andererseits wissen wir, welche enorm hohe Entwicklung die arithmetische Fähigkeit bei gewissen Wissenschaftsmännern erreichen kann, welche von großer, sowohl theoretischer wie praktischer, Bedeutung für die ganze Kultur wird.

Es liegt dann nahe, zu untersuchen, ob auch die arithmetische Fähigkeit in Analogie mit den sprachlichen und musikalischen Fähigkeiten konstruiert ist, und ob man in bezug auf ihre Lokalisation im Gehirn irgend einige Anhaltspunkte angeben kann.

Auch hier müssen wir rezeptive und motorische Formen unterscheiden. Das zur Zeit vorliegende kasuistische Material in bezug auf die arithmetische Fähigkeit ist etwas geringer als in bezug auf die musikalische Begabung. Die von mir gesammelten Fälle belaufen sich auf etwa 150.

Begriffe von Ziffern und Zahlen bekommt man teils auf dem akustischen, teils auf dem optischen Wege. Wir lernen akustisch das Reihenzählen (1, 2, 3 usw.); diese Zahlen hören wir ganz wie Buchstaben und Worte, von denen viele auch ganz ähnliche Laute bilden wie die der Worte. Phonetisch unterscheiden sich die Wort- und Ziffersprachen kaum voneinander; die Ziffern gehen auch in viele Worte, wie „vereinigen“, „entzwei“ usw., ein. Es ist demnach nicht zu erwarten, daß es ein spe-

<sup>1)</sup> Eine eingehende Untersuchung hierüber liegt schon zum Drucken fertig. (I. VIII. 1919.)

zielles akustisches Zifferzentrum gibt. Dagegen bilden die Zahlen und Worte verschiedene Begriffe, weshalb verschiedene psychische Zentren für Worte und Zahlen postuliert werden müssen. Auch gibt es in der Kasuistik Andeutungen, daß gewissen aphasischen Individuen Ziffervorstellungen völlig fehlen. Oppenheim hat einige solche bisher doch einzelstehende Fälle mitgeteilt. Aber jedenfalls liegt, meines Wissens, kaum ein diskutables Material über eine mit der Worttaubheit oder Tontaubheit analoge Ziffertaubheit vor.

Aber jede mehr komplizierte Rechenoperation wird von nicht-mathematischen Fachleuten in der Regel mit Hilfe des optischen Zahlensinns ausgeführt. Und es stellt sich demnach die Frage, ob diese optische Zifferauffassung mit der optischen Wortauffassung zusammenfällt oder nicht. Wir stoßen dann auf eine entschiedene Inkongruenz zwischen Wort- und Zifferlesen. Eine Untersuchung der Kasuistik gibt dies deutlich zu erkennen. Unter 51 Wortblinden waren nicht weniger als 37 Zifferlesende, d. h. nicht Zifferblinde. Und nur 14 oder etwa  $\frac{1}{3}$  auch Zifferblinde. Dies deutet darauf hin, daß es getrennte Zentren für die psychische Auffassung der Figuren und des Valeurs der Ziffern und Zahlen und für die Bedeutung der Wortfiguren gibt.

Daß es sich hier um einen prinzipiellen Unterschied zwischen der Fähigkeit, Ziffern (Zahlen) und Buchstaben (Worte) zu evaluieren handelt, geht weiter aus der Inkongruenz zwischen Wort- und Zifferagraphie hervor. Es zeigt sich, daß unter 36 Wortagraphischen nicht weniger als 23, also etwa  $\frac{2}{3}$ , sowohl Ziffern wie Zahlen mehr oder weniger korrekt schreiben und diese Zahlen psychisch verwerten können.

Daß es sich dabei nicht um einen nur rein mechanischen Kopierungsprozeß handelt, geht daraus hervor, daß unter 12 Akopisten (Unfähigen Worte zu kopieren) doch 8 Ziffern kopieren konnten. Die Zifferagraphie ist demnach kein nur mechanischer Prozeß.

Bekanntlich beruht die Buchstaben- oder Wortagraphie in der Regel auf Wortblindheit, indem von 78 Wortblinden nicht weniger als 61 Wortagraphische waren; und es entsteht dann die Frage, ob die Zifferblindheit auch zur Zifferagraphie führt. Es stellt sich heraus, daß unter 10 Zifferblinden 6 zifferagraphisch wurden, aber unter 51 Wortblinden fanden sich 27 Zifferagraphische.

Dies alles und andere Ziffern und Berechnungen, mit denen ich Sie, meine Herren, nicht ermüden will, zeigen einerseits eine entschiedene Inkongruenz zwischen der optischen Auffassung der Worte und der Ziffern und andererseits eine gewisse Verwandtschaft, die darauf hindeutet, daß die Zentren für die optische Auffassung der Ziffern und der Worte in der Hirnrinde nahe beieinander liegen.

Auch auf dem motorischen Gebiete gibt es eine auffallende Inkongruenz zwischen der Pronunziation der Worte und Ziffern. Somit konnten unter 43 Aphemischen 31 laut zählen und Ziffern von 1—10, selbst noch höhere Zahlen aufrechnen, obschon in mehreren Fällen eine ausgesprochene, ja fast totale Aphemie vorhanden war. Das Reihenzählen ist zwar ein mehr automatischer Prozeß als das spontane Sprechen, aber gewisse Idioten, die nicht imstande waren, mehr als einzelne Worte hervorzubringen, konnten jedoch von 1—100 zählen.

Alle diese eigentümlichen Tatsachen deuten an, daß die Ziffer- und Zahlenoperationen von dem einfachsten Lesen oder Schreiben einzelner Ziffern bis zu ihrer mehr oder weniger deutlichen Pronunziation, ein eigenartiger psychischer Prozeß mit spezifischer anatomischer Unterlage sind, der von dem der Worte getrennt sein muß. Im Zusammenhang damit dürfte eine Untersuchung berechtigt sein, ob die Rechenfähigkeit und der betreffende psychische Prozeß auch von der Musikbegabung und dem musikalischen Prozeß getrennt sind.

Für die Entscheidung dieser Frage gibt es indessen in der Kasuistik nur wenige sichere Tatsachen. Doch geht aus diesen hervor, daß unter 30 Aphämischen, die singen konnten (Vokalisten) 10 nicht Ziffern resp. Zahlen von 1, 2, 3 usw. aufzählen konnten, und daß von 13 aphämischen Avokalisten, doch 7 Ziffer-Zahlen rechnen konnten. Wenn schon diese Zahlen auf eine Inkongruenz zwischen Musik- und Zahlenexpression deuten, so wird diese Differenz noch deutlicher, wenn man untersucht, wie es sich in dieser Beziehung mit denjenigen Vokalisten verhält, die den Text auszusprechen fähig und unfähig waren. Unter 9 Textvokalistern (d. h. die den Gesang mit Text ausführten) konnten 3 Ziffern (Zahlen) nicht rechnen, und unter 25 Textavokalistern konnten nicht weniger als 15 Ziffern (Zahlen) rechnen. Dies deutet entschieden darauf hin, daß die motorischen Mechanismen für Textsingen und Reihenzählen getrennt sind.

In bezug auf die optische Fähigkeit, Musik und Ziffern zu lesen, existieren meines Wissens nur wenige Beobachtungen, aus denen betreffs der Aphasischen hervorgeht, daß die 3 nicht Musiknotenblinden auch nicht Zifferblinde waren, aber daß von 5 Musik(noten)blinden 3 Ziffern, dagegen 2 keine Ziffern lesen konnten.

Betreffend das Musikschreiben liegen noch spärlichere Tatsachen vor. 3 Notenlesende konnten auch Ziffern lesen und 1 Musikschreibender konnte auch Ziffern schreiben. Aber diese Zahlen können leicht zufällig sein.

Obschon nun diese Tatsachen nur wenige, und einige vielleicht auch etwas unsicher sind, so ist man jedoch meiner Meinung nach berechtigt, aus den Zahlen über Sprach- und Zifferfähigkeit zu schließen, daß die psychischen Prozesse beim Sprechen und Rechnen (Arithmetik)

ihrem Wesen nach artverschieden sind, und daß die musikalischen und arithmetischen Prozesse aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls verschieden sind.

Versuchen wir nun, nachzuforschen, ob man auch die arithmetische Fähigkeit oder ihre Elemente in der Hirnrinde lokalisieren kann, so ist ja ganz natürlich, daß dies großen Schwierigkeiten begegnen muß, und zwar in demselben Maße als die betreffenden Tatsachen spärlich oder weniger genau sind. Es ist deshalb sehr wünschenswert, daß neue Tatsachen gesammelt werden, und dies dürfte für jeden Kliniker um so leichter sein, als nicht nur alle Aphasiefälle sich dazu eignen, sondern die Mehrzahl von Hirnkranken, besonders mit Lokalaaffektionen, Fingerzeige oder Beweise bieten können. Auch von den nichtaphasischen Fällen hat man wichtige Aufschlüsse in bezug auf die Lokalisation der arithmetischen Fähigkeiten resp. Störungen zu erwarten.

In bezug auf diese Lokalisation muß man die motorischen von den sensorischen Zentren unterscheiden.

Das motorisch - arithmetische Zentrum sollte sich dadurch charakterisieren, daß bei seiner Läsion das Reihenzählen oder die Fähigkeit, einzelne Ziffern herauszubringen, geschädigt wäre. Angaben über die Fähigkeit, einzelne Ziffern herzusagen, scheinen nicht in solcher Anzahl in den Sektionsfällen vorzuliegen, daß daraus sichere Schlüsse zu erreichen wären. Dagegen sind hinsichtlich des Reihenzählens Daten in 15 Sektionsfällen vorhanden; in 4 von diesen Fällen war Pat. unfähig zum Reihenzählen, in 11 Fällen war diese Fähigkeit erhalten geblieben.

Ohne hier auf Details einzugehen, führe ich nur an, daß eine solche Zifferaphämie durch eine Läsion der Rinde der linken  $F^3$  verursacht wurde. Gegen einen solchen Schluß scheinen doch einige Fälle in denen  $F^3$  intakt war, in Widerspruch zu stehen, jedoch war in diesen Fällen nicht die  $F^3$ -Rinde angegriffen. Ein Fall kann nur durch die Annahme erklärt werden, daß die rechte Hemisphäre beim Reihenzählen fungierte. Wenn nun demnach das Reihenzählen mit der linken  $F^3$  vonstatten geht, so zeigen doch die klinischen Befunde, daß die Lokale für Reihenzählen und die Lautsprache einander nicht decken, wie schon nachgewiesen wurde.

Dagegen gibt es nur wenige Daten die dafür sprechen, daß die Rinde für Zifferhören von der des Worthörens getrennt ist. Beide sind ja auch in ihrem Wesen phonetisch einerlei, wenn auch die Wort- und Zifferbegriffe differieren und verschiedene Begriffe vertreten. Auch liegen, wie schon bemerkt wurde, einige Andeutungen vor, daß die höheren psychischen Prozesse bei diesen beiden Begriffsauffassungen verschieden sind. Auch hier liegt ein leicht zugängliches, aber wichtiges neues Forschungsfeld vor.

Aber in bezug auf die optische Fähigkeit, Ziffern aufzufassen, existieren 31 Sektionsbefunde, von denen 11 positiv (d. h. von Zifferblinden) und 19 negativ (von Ziffersehenden) sind; in einem Falle war die Zifferblindheit transitorisch.

Bei der Untersuchung der Fälle der Zifferblinden war die Angularwindung konstant ergriffen, wenn man 2 Fälle mit partieller Seelenblindheit (Lissauers und Henschens [Abrams]) ausschließt. Ist die Läsion auf A scharf begrenzt und hat nur geringe Ausdehnung, scheint die Zifferblindheit nur eine unvollständige zu sein; bei größerer, besonders auf den Parietallappen ausgedehnter Läsion, wird die Zifferblindheit mehr ausgesprochen.

Stellt man damit die zahlreichen, nur klinischen oben angeführten Daten zusammen, so kommt man gern zum Schlusse, daß die Zifferblindheit durch Herde in der Angularwindung entsteht, die sich nach vorn (und oben?) auf die Rinde der Fissura intraparietalis ausdehnen. Doch ist es vonnöten, diese Behauptung durch neue, mehr präzise und sichere Befunde zu bestätigen.

Zifferblindheit kann auch eine Folge oder eine Form von Seelenblindheit sein (s. oben die Fälle).

Zifferschreiben und Zifferagraphie. Über den Mechanismus und seine Lokalisation besitzen wir nur einzelne wegleitende Schlußdaten. Wir sind hier auf die klinischen Tatsachen hingewiesen, welche schon oben dargelegt wurden, und aus denen hervorgeht, daß Ziffer- und Wortgraphie nicht zusammenfallen und daß Ziffer- und Wortagraphie einander auch nicht decken. Die Zifferagraphie beruht in vielen Fällen auf Zifferblindheit. Für ihre Lokalisation liegen etwa 4 positive und 5 negative Sektionsfälle vor, von denen die positiven darauf hinweisen, daß die Zifferagraphie einen gewissen Zusammenhang mit Angularläsionen hat — ein Satz der aber mit einigen negativen Fällen in Widerspruch steht. Die Kasuistik kann deshalb dieses Problem noch nicht genügend lösen.

Die Fähigkeit, Ziffern und Zahlen nicht nur zu hören und zu lesen, sondern auch auszusprechen, gewinnt ihre volle Bedeutung erst dann, wenn sie beim Rechnen oder Lösen von Problemen angewendet wird. Diese Fähigkeit entspricht im Gebiete der Sprache der Fähigkeit, die Worte zu Sätzen und Gedanken zu ordnen und auf dem Gebiete der Musik der Fähigkeit zu komponieren. Die Frage entsteht dann, ob diese Fähigkeit zu kalkulieren lokalisiert werden kann oder ob die Kasuistik ihre Voraussetzungen andeutet. Die in der Kasuistik vorkommenden Kalkulationen sind von der einfachsten Art — einfache Addition und Multiplikation; auch finden sich zerstreute Angaben über die Fähigkeit der Aphämischen zu subtrahieren und dividieren.



Dagegen scheinen Angaben über diese Fähigkeiten bei Nichtaphämischen überhaupt, mit wenigen Ausnahmen, zu fehlen.

Es ist a priori klar, daß diese Fragen nur schwierig beantwortet werden können. Eine Untersuchung der vorliegenden Daten zeigt, daß die Fähigkeit zu kalkulieren in keiner Relation zu den verschiedenen Aphasieformen, der Worttaubheit, Wortblindheit oder Wortaphämie steht. Auch scheint kein sicherer Zusammenhang zwischen der spontanen oder Diktatagraphie und Akalkulie nachgewiesen werden zu können.

Dagegen scheint die Akopie (Unfähigkeit zu kopieren) in einem gewissen Verhältnis zur Akalkulie (Unfähigkeit zu kalkulieren) zu stehen, was wohl davon abhängen kann, daß die Akopie oft eine Folge mangelhafter, optischer Vorstellungsfähigkeit ist, welche für das Kalkulieren notwendig scheint. Die Kasuistik spricht auch dafür, daß wir beim Kalkulieren oder Rechnen Ziffern, Zahlen und Formeln vor uns sehen und uns darauf stützen, ganz wie wir beim Sprechen oft uns auf unser optisches Gedächtnis stützen.

Damit ist nicht ausgeschlossen, daß der akustische Faktor auch, wie bei der einfachen Multiplikation und auch Addition, eine Rolle spielt, obschon dies aus den Ziffern der Kasuistik nicht hervorgeht oder durch sie nachgewiesen werden kann.

Die Bedeutung der Ziffergraphie für das Kalkulieren wird dadurch nachgewiesen, daß von 16 Ziffergraphischen 12 Kalkulisten waren und nur 4 Akalkulisten; und alle Zifferagraphischen waren Akalkulisten. Sämtliche diese Daten weisen auf die große Bedeutung des optischen Faktors beim Rechnen und Kalkulieren hin. Auch scheint die Gegend der linken Angularwindung eine gewisse Bedeutung für das Kalkulieren zu haben. Doch sind die betreffenden Tatsachen etwas unsicher und kaum beweisend.

Die eben erwähnten Tatsachen scheinen zur Evidenz zu beweisen, daß die Sprache- und Ziffermechanismen ihrer Art nach wesentlich verschieden sind. Es finden sich zur Zeit betreffs des Ziffermechanismus eine Anzahl Theorien, durch die man zu erklären suchte, daß Wortblinde doch oft Ziffern sehen und lesen können. Eine Analyse dieser verschiedenen Theorien jüngst von Schuster und früher von Brandenburg, Bruns, Bastian, Oppenheim und Redlich hat mich überzeugt, daß keine von diesen Theorien sichere Stützpunkte in den vorliegenden Tatsachen hat. Die Beweise behalte ich mir vor, in einer schon fertigen Abhandlung vorzulegen. Dagegen bin ich geneigt, eine schon von Wilbrand Ende der achtziger<sup>1)</sup> und jüngst von Hinshelwood u. a. vorgelegte Theorie zu akzeptieren, daß nämlich die vorliegenden Tatsachen dazu zwingen, getrennte Zentren für Buchstaben (Worte) und Ziffern (Zahlen) anzunehmen. Eine solche Ansicht stimmt gut mit den oben dargelegten Tatsachen und mit der Anschauung überein,

<sup>1)</sup> (in bezug auf das Wortlesen).

die ich schon vor mehreren Jahren erworben habe, daß es in der Rinde eine detaillierte Arbeits- oder Funktionsverteilung selbst der psychischen Funktionen gibt, eine Anschauung, die ich jetzt näher begründen will.

### Zusammenfassung und Schlüsse.

Aus der eben gegebenen Darstellung scheint hervorzugehen, daß wir in bezug auf die Wirksamkeit des Gehirnes gewisse psychische Funktionskomplexe nachweisen können, welche gewissermaßen selbständige Einheiten oder psychische Verbände bilden. Jeder von diesen funktionellen Verbänden besitzt eine selbständige anatomische Unterlage, die von gewissen Rindenzentren im Verein mit entsprechenden Assoziationsbahnen gebildet wird. Ein solcher Verband kann wegfallen, ohne die anderen zu beeinflussen; und ebenso haben ihre Zentren eine gewisse Selbständigkeit. Andererseits zeigen diese ihre Zusammengehörigkeit mit dem ganzen Verband dadurch, daß beim Ausfall eines Zentrums die Funktionen der anderen Zentren leiden. So z. B. wird die Lautsprache bei der Worttaubheit verändert, ohne ganz wegzufallen; die Wortblindheit ruft Wortagraphie hervor, die Tontaubheit ruft Unfähigkeit zu musizieren hervor usw.

Oft werden bei Gehirnkrankheiten mehrere von diesen ihrer Lokalisation nach getrennten Zentren gleichzeitig von Läsionen betroffen. Ebenso können die Assoziationsbahnen ergriffen und damit die Verbindungen zwischen gewissen Zentren aufgehoben werden. Dadurch dürften Störungen des Nachsprechens, der Nachahmung von Gesang oder Instrumentalmusik, die gehörte Musik in Notenschrift oder Noten in Gesang und Instrumentenmusik umzusetzen, entstehen.

Angeborene Unfähigkeit infolge angeborener Defekte einiger dieser Zentren braucht nicht andere psychische Verbände zu beeinflussen. Es gibt angeborene Wortblindheit, angeborene vollständige Amusie (Musikidiotie), ohne daß die übrigen psychischen Fähigkeiten beeinflußt werden. Es gibt aphasische Idioten, die doch Melodien singen oder rechnen können. Viele, nur wenig begabte Individuen können in der Arithmetik recht tüchtig sein.

Alles dies deutet auf getrennte Zentren und Assoziationsbahnen für die Sprach-, Musik- und Rechenfähigkeiten und darauf hin, daß diese verschiedenen, selbständigen psychischen Verbänden angehören.

Aber wenn diese Verbände auch psychische Einheiten bilden, so finden sich doch innerhalb derselben manchmal isolierte psychische Einheiten — Spezialfächer für spezielle Fähigkeiten. Die Erfahrung zeigt, daß z. B. bei der Aphasie eine einzelne Sprache ausfallen kann. Ein Italiener, der die französische Sprache gelernt hat, kann diese Sprache verlieren und seine eigene intakt beibehalten.

Es gibt also bisweilen eine Sprachdissoziation. Ebenso gibt es

innerhalb des Musikverbandes bisweilen eine Musikdissoziation. Finkelnburgs Pat. konnte Violine spielen, dagegen nicht Piano, obschon das Violinspielen wohl als eine höhere Leistung betrachtet werden muß.

Diese Dissoziation geht, wie wir wissen, in bezug auf die Sprache oft sehr weit: so z. B. fallen oft nur die Substantive, nicht die Adjektive und Verben weg.

Innerhalb des Gebietes der Musik kann ein Individuum den Musiksinn für die Tonhöhe, nicht für den Rhythmus oder umgekehrt verlieren. Braziers Musiker konnte auf einem gewissen Stadium der Störung die Tonhöhe vom Musikblatt nicht ablesen, aber faßte die Zeitdauer der Noten; Würtzens musikalische Dame konnte beim Pianospiele die Bewegungen der beiden Hände nicht koordinieren; sie spielte musikalisch mit der linken Hand, unmusikalisch mit der rechten. Einige können keine Musik nachmachen, obschon sie es früher konnten. Einige spielen, trotz der amusischen Störungen, gut aus dem Kopf, nicht nach Noten, andere verhielten sich in umgekehrter Weise.

Ebenso gibt es arithmetische Dissoziationen: einige können addieren, aber nicht multiplizieren und umgekehrt; oft fehlt die Fähigkeit zu substrahieren oder dividieren.

Alle diese Tatsachen deuten auf eine weitgehende Funktionsverteilung; die verschiedenen Hirnleistungen erfordern verschiedene Mechanismen und verschiedene lokal getrennte anatomische Unterlagen!

Es tritt hier das Problem auf: wie entstehen dann dergleichen Zentren und Assoziationsbahnen und diese psychischen funktionell-anatomischen Verbände? Ich will zum Ausgangspunkt den Charcotschen Posaunenbläser nehmen. Er verlor plötzlich die Fähigkeit, das Ausziehen und Rückziehen der Röhre seines Instruments zu moderieren. Gleichzeitig verlor dieser Posaunist seine Fähigkeit Noten zu schreiben — von neuem ein Beweis einer gewissen Zusammengehörigkeit von Zentren und Bahnen innerhalb desselben psychischen Verbandes.

Es läßt sich nun nicht gut denken, daß wir im Gehirn ein präformiertes Zentrum für Posaunenblasen besitzen; und wir haben gewiß auch keine speziellen Zentren für andere Instrumente. Nein, diese Zentren sind durch die Erziehung ausgebildet. Die Erziehung ist eine Art Training. Erziehung setzt einen hohen Grad von Bildbarkeit und Umbildung der früher mehr gleichförmigen Hirnzellen voraus. Wie bei dem Sportsmann durch fortgesetzte Übung die gebrauchten zentralen, wie peripherischen Teile — Hirnrindenzellen und Fasern, die peripheren Nerven und die Muskeln — für die Ausübung gewisser Spezialitäten von Bewegung umgewandelt werden, und dabei wie Agdur experimentell nachgewiesen hat, die Nerven an Anzahl zunehmen, so werden auch die Hirnzellen bei gewisser fortgesetzter Übung

oder Erziehung, innerhalb gewisser Grenzen, umgebildet. Sie nehmen leichter als die anderen Hirnzellen sensorische Eindrücke auf, die Bündel der Assoziationsbahnen machen weniger Widerstand bei der Leitung der sensiblen Reize zum motorischen Zentrum, dessen Zellen an Kraft und Motilität wachsen.

Werden nun diese Zentren und die Bahnen Generationen hindurch trainiert, wird die Umwandlung und die Differenzierung habituell und vererbt. Aus ursprünglich trainierten Zellkomplexen und Bahnen entsteht die Organisation der mehr konstanten Hirnzentren und Bahnen für diejenigen Funktionen, die für den Bestand der Organismen notwendig sind, also zuerst der nutritiven, dann der sensorischen und motorischen Zentren und Bahnen.

Es ist demnach das Trainieren durch die Erziehung, die das Gehirn umwandelt und es für spezielle, höhere psychische Zwecke und Funktionen anpaßt. Die alltägliche Erfahrung, z. B. in der Musik, Mathematik usw., ja in allen Spezialfächern zeigt, wie enorm weit dieses Trainieren getrieben werden kann. Am leichtesten geht dies in den Kinder- und Jugendjahren vor sich, wo die Zellen sich schon physiologisch lebhaft um- und ausbilden, und die Erinnerungen sich am tiefsten eintragen und dadurch auch am längsten bestehen bleiben.

Andererseits kann auch durch Überbürdung dieser Zentren und Bahnen, besonders bei durch Alkohol und Lues degenerierten Gefäßen ein plötzlicher Funktionsausfall eintreten — Aphasie, Amusie oder Akalkulie entstehen. Oft wird dabei nur ein Spezialgebiet der Sprache, Musik oder Arithmetik getroffen, während andere Funktionsgebiete intakt bestehen.

In dieser Weise entstehen, meiner Meinung nach, die Hirnzentren und die Assoziationsbahnen zwischen diesen Zentren. Dafür sprechen auch die Myelinisationsverhältnisse. Aber nach und nach bilden sich je nach dem Bedürfnis des Organismus durch die Erziehung auch höhere Koordinationsmechanismen aus, die aus neuen Systemen oder Verbänden von Zellkomplexen und Bahnen bestehen.

Die allermeisten Individuen, die eine spezielle Leistung auszuführen haben, der spezialisierte Industriearbeiter ebenso wie der Musiker, der Sprachforscher, der Mathematiker, bilden eben durch ihre Leistungen ähnliche einfachere oder höhere, mehr komplizierte Funktionskomplexe aus. Die Entwicklung der Welt in Technik, Musik und Wissenschaft ist also auf der Differenzierung der Hirnzellen und der Assoziationsbahnen, welche sich nach und nach durch die Erziehung an die Arbeit anpassen und dabei neue Verbände bilden, zurückzuführen.

Die anatomisch-funktionellen Verbände bilden die Unterlage entsprechender Ideenkreise, die sich bei dem Spezialisten ausbilden, der sich innerhalb dieser Ideenkreise mit immer gesteigerter Leichtig-

keit bewegt. Wie leicht arbeitet nicht der trainierte Musiker bei der Komposition seiner Akkorde oder der Mathematiker mit seinen komplizierten, für andere schwerfaßlichen Formeln usw.

Diese Funktionen werden nach und nach zu völlig automatischen Mechanismen ausgebildet, bei deren Leistungen die höhere psychische, klar bewußte Selbstwirksamkeit nur wenig in Anspruch genommen wird. Der professionelle Pianospieler macht seine Akkorde oft automatisch, der Violinist seine Fiorituren ohne tieferes Nachdenken; er wird von der „*mémoire des doigts*“ geleitet.

Auf dem Gebiete der Mathematik treten analoge Erscheinungen auf. Beim Reihenzählen bewegt sich anfangs der Mund automatisch, bis bei höheren Zahlen das Nachdenken erforderlich wird. Die Addition und Multiplikation werden bei einfacheren Operationen wie  $2 \times 2$ ,  $3 \times 4$  schon bei geringem Nachdenken ausgeführt, das erst bei mehr komplizierten oder ungewohnten Operationen notwendig wird. Indessen erleichtert der arithmetische Automatismus die Rechenoperationen.

Diese automatischen Mechanismen werden durch adäquate Reize eines oder mehrerer der Zentren in Gang und Wirksamkeit gesetzt.

Das psychische Leben des Menschen setzt einen Reichtum solcher Automatismen, sowohl funktioneller wie anatomischer Art, voraus. Sie sind in der Tat Formen psychischer Reflexe und erfordern nur in geringem Grade das Mitwirken des wachen und klaren Bewußtseins — sie sind Bestandteile des unterbewußten oder latenten Seelenlebens.

Am Boden dieses Lebens liegt in der Tat eine Unmasse latenter Erinnerungen und Erfahrungen, die erst bei geeigneter Anregung erwachen und klar bewußt werden. Einige bekannte Töne rufen eine Welt von Tonerinnerungen hervor; der Gesang von „den glücklichen Tagen des Studenten“ erweckt beim schwedischen Studenten nicht nur den Rhythmus und die Melodie des Gesangs, sondern auch lebhafte Bilder aus dem Studentenleben, die längst fast vergessen waren; einige Worte eines Gedichtes rufen ein ganzes Poem automatisch ins Gedächtnis zurück.

Es ist selbstredend, daß diese Automatismen in hohem Maße die Leistungen des psychischen Lebens erleichtern, denn, wenn die Bewußtheit bei allen unseren psychischen Äußerungen teilnehme, würde dies in hohem Grade ermüden und die Produktion neuer Gedanken verhindern. Aber sobald neue Bahnen oder Zentren, d. h. neue Ideen in Wirksamkeit treten sollen, dann wird ein bewußter Prozeß für die Installation der neuen Wirksamkeit erforderlich.

Daß der Inhalt dieser psychischen Automatismen ursprünglich bewußt war und nachher als Erinnerungen in das latente Seelenleben hinabgesunken ist, unterliegt keinem Zweifel. Und wir fragen als-

dann: wo im Gehirn dürfte dieses latente Leben vor sich gehen oder lokalisiert sein? Die Aphasielehre scheint in dieser Hinsicht geeignet zu sein, gewisse Andeutungen betreffs dieses, wie es scheint, bisher zu wenig beachteten Problems abzugeben.

Einer der Oppenheimschen Fälle (Nr. 15) hat mir die Anregung zu einer Hypothese gegeben, die vielleicht verdient geprüft zu werden, und zwar um so mehr als andere Fälle von Aphasie und Amusie damit übereinstimmen.

Der Pat. Oppenheims konnte nur das unbegreifliche Wort „aitente“ hersagen, aber obschon demnach seine spontane Sprache völlig verödet war, so konnte er doch richtig das Gedicht: „Ich hatte einen Kameraden“ und das „Vaterunser“, wenn nur die ersten Worte ihm vorgesprochen wurden.

Die Ursache seiner Aphasie war eine ausgedehnte Zerstörung der linken Hemisphäre. Die ganze Hirnhälfte war kollabiert, F<sup>2</sup> und F<sup>3</sup>, C<sub>a</sub>, C<sub>p</sub> und ein Teil des T-Lappens erweicht. Pat. hatte also mit der rechten Hirnhälfte rezitiert.

Die Kasuistik hat mehrere ähnliche Fälle. Einer von den Oppenheimschen Fällen (Fall 2) konnte kein einziges Wort hervorbringen, aber er konnte doch rezitieren: Vater unser, und selbst mit Textworten singen, wobei er die Worte ohne viele Fehler hersagte, wenn nur die ersten Worte vorgesagt wurden. Die Sektion fehlt in diesem Falle.

Ein Pat. Liepmanns und einer Dobberkes konnten, obschon völlig aphämisch, Gebete und Gedichte rezitieren; Grassets Totalaphämiker sang die Marseillaise mit dem Text und Knoblauchs Aphämiker hatte beim Singen eine gute Artikulation, wie auch Leydens, Larionows und Probsts Pat., andere Fälle nicht zu verschweigen.

Dieser Automatismus wird bisweilen so kräftig, ebenso wie die Reflexzuckungen, die bisweilen bei der *Sclérose en plaques* kaum gehemmt werden können, daß das Singen und Rezitieren, trotz der vorhandenen Aphämie, „involontaires et irrésistibles“, wie bei Touches Pat. (Nr. 14) werden. Bei diesem Pat. war jedoch nicht die linke F<sup>3</sup>, sondern F<sup>2</sup> zerstört, aber in anderen Fällen wie Gowers und Bernards VI war F<sup>3</sup> erweicht.

Man kann kaum bezweifeln, daß in mehreren von diesen Fällen Pat. mit der erhalten gebliebenen rechten Hemisphäre rezitiert oder den Text gesungen hat.

Diese und ähnliche Beobachtungen geben uns einen Einblick in den psychischen Mechanismus. Wir sehen, wie intim der Text sich mit dem Gesang verbunden hat und mit der Melodie zusammengeschmolzen ist, und zwar weil der Text gleichzeitig mit der Melodie eingelehrt wurde. Diese Zusammenschweißung der Textworte mit der Melodie zeigt, wie gewisse Ideenkreise automatisch miteinander verbunden werden und

lassen uns verstehen, wie der Reiz eines psychischen Verbandes Ideen erwecken kann, die eigentlich anderen Kreisen oder Verbänden angehören.

Wenn nun auch die erwähnten Automatismen in hohem Grade das Denken unterstützen und dabei ein technisches kraftersparendes Hilfsmittel ausmachen, indem die Zellen und Assoziationsbahnen permeabler werden und mit vermehrter Leichtigkeit fungieren, so können sie auch bisweilen der Entwicklung neuer selbständiger Gedankenbildungen hindernd in den Weg treten. Die Bahnen der psychischen Verbände sind wie Geleise an ungebahnten Wegen. Anfangs erleichtern sie den Verkehr der Gedanken, werden sie durch immer wiederholtes Transportieren von Gedanken oder Ideen aber zu tief, können sie dem Gedanken ein Hindernis setzen, neue Bahnen einzuschlagen oder neue Ideen zu bilden. Der Spezialist, der sich stetig in denselben Bahnen bewegt, mit denselben Ideen immer arbeitet, bekommt leicht einen engen Ideenkreis und verliert die Fähigkeit, sich von diesem frei zu machen; er gräbt sich in diesen tiefer und tiefer hinein, indem die anatomischen Bahnen und die Zellen immer leichter die wiederholten Gedanken aufnehmen, bearbeiten und transportieren.

Dies birgt sowohl für das Individuum, wie in völkerpsychologischer Hinsicht eine große Gefahr in sich. Der stetig repetierte Satz — das Schlagwort — gräbt sich in die Völkerseele tief ein und wird ein Dogma, das dem selbständigen Denken hinderlich wird, welches nicht vermag, sich aus den tiefen Gleisen zu erheben oder anderen widersprechenden Ideen zugänglich zu werden. Wir haben ja erfahren, wie während des Weltkrieges gewisse, von einer lügenhaften Presse von Tag zu Tag wiederholte Behauptungen, den Volksmassen eingeprägt werden, diese vergifteten und sie der Wahrheit unzugänglich machten und die Volksmassen zu Maschinen in der Hand der Regierungen oder Agitatoren machten.

Solche Phänomene lassen sich durch die hier dargelegte Eigenschaften der anatomisch-funktionellen Verbände zwanglos erklären.

Auch auf dem Gebiete der Gedächtnispsychologie gibt es ein Phänomen, das sich durch die hier dargelegte Anschauung leicht erklären läßt. Es dürfte eine allgemeine Beobachtung sein, daß das Gedächtnis innerhalb des Kreises des Spezialfaches bedeutend an Kraft wächst. Der Mathematiker, der Musiker, ja überhaupt jeder Spezialist dürfte Beispiele in dieser Hinsicht darbieten. Gleichzeitig ist das Gedächtnis für Tatsachen außerhalb dieses Kreises verhältnismäßig schwach, indem die betreffende Rinde und Assoziationsbahnen nicht trainiert oder für diese Tatsachen genügend adaptiert sind. Diese Erfahrungen bestätigen sich nicht nur innerhalb der Ideenkreise der Sprache und der wissenschaftlichen Gebiete. Analogen Phänomenen

begegnen wir auch auf den musikalischen und mathematischen Gebieten.

Aus sicheren klinisch-anatomischen Tatsachen auf dem Gebiete der Sprache, der Musik und der Arithmetik und ihrer Störungen, Aphasie, Amnesie und Akalkulie suchte ich betreffs der höheren psychischen Mechanismen gewisse Sätze zu deduzieren und dabei mit kasuistischen Zahlen die Existenz psychischer Verbände oder Funktionskomplexe nachzuweisen, die aus Zellkomplexen in der Hirnrinde den sog. Zentren und ihren Assoziationsbahnen zusammengesetzt sind, und psychische Einheiten bilden, und wie diese miteinander verknüpft werden können, wie die anatomische Unterlage gewisser Ideenkreise entsteht, wie weiter Automatismen aus eingepägten Vorstellungen sich ausbilden und dem latenten Seelenleben zugrunde liegen, aber erst bei Reizung durch adäquate Reizmittel aktiv und bewußt werden, wie endlich viele Tatsachen dafür sprechen, daß die rechte Hirnhemisphäre besonders die anatomische Unterlage dieser Automatismen bildet, welche eine so außerordentliche Rolle in unserem täglichen Handeln und Wandeln spielen und als notwendige Elemente in unser Geistesleben eingehen.

Es ist dann recht wahrscheinlich, daß die linke Hemisphäre eine mehr aktive Rolle spielt, indem sie in erster Linie die mittels der bilateralen Sinnesflächen aufgenommenen Sinneseindrücke bearbeitet und aus diesen Abdrücken die Vorstellungen herausbildet, welche den Begriffen und dadurch dem klar bewußten formalen und logischen Denken zugrunde liegen, während die dadurch erworbenen Erfahrungen als mehr oder weniger latente oder unterbewußte Erinnerungen vorzugsweise in die rechte Hemisphäre hinübergeführt und dort versenkt und verwahrt werden, wo die Unterlage des latenten Geisteslebens vorzugsweise liegt, in dem die Automatismen obwalten. Diese unterbewußten Erinnerungen haben demnach die allergrößte Bedeutung für das Gefühls- und Handlungsleben eines jeden Menschen.

Für die eben dargestellte Hypothese, daß das klare logische Denken sowie die Verarbeitung des von den Sinnesflächen aufgenommenen Stoffes vorzugsweise von der linken Hirnhälfte vermittelt wird, dafür sprechen teils gewisse Daten, wie daß die Seelenblindheit oft schon durch Läsionen des linken Occipitallappens hervorgerufen und daß Apraxie durch Läsion des unteren linken Parietallappens verursacht wird, aber besonders, daß sowoh die Sprach- wie Rechenzentren, die eben das logische Denken vermitteln, zur linken Hirnhälfte lokalisiert sind. Hier werden auch Musiktöne aufgenommen und zu Harmonien bearbeitet — ein Spezialausdruck der Gefühlsstimmung.

Diese wichtigen psychischen Funktionen sowie Rechtshändigkeit dürften das vermehrte Volumen und Gewicht der linken Hirnhemi-



sphäre gegenüber der rechten bedingen. Die Überlegenheit dieser Gehirnhälfte, die doch von einigen Forschern bestritten wird, scheint bisweilen in einer Prominenz der entsprechenden Kranialhälfte einen Ausdruck zu finden, die, wie es scheint, besonders bei hochintelligenten und durch ihre hervorragende Begabung als Wissenschaftsmänner oder Redner sich manifestieren darf.

Es ist nun wahrscheinlich, daß die kräftigere Entwicklung der linken Hirnhälfte durch Vererbung während der Jahrhunderte infolge des Einflusses der Zivilisation entstanden ist.

Indessen sah ich nirgends dieses Problem abgehandelt und noch weniger einen Beweis für diese Auffassung vorgelegt. Die Frage, ob auch in der Antike die linke Hemisphäre mehr hervorgebuchtet war als die rechte, scheint für die Kunsthistoriker eine ganz neue Frage zu sein, die nie diskutiert oder an den Köpfen der Antike studiert wurde.

Indessen hat sie meine Neugierigkeit erweckt. Zufälligerweise entdeckte ich, daß an dem bekannten Augustuskopf die linke Hälfte eine auffallende Prominenz zeigte, und wurde dadurch veranlaßt, unsere Kunsthistoriker zu fragen, aber sie haben davon keine Angaben gesehen.

An einer Anzahl von Köpfen hervorragender Männer, an Familienmitgliedern von Augustus, an Claudius, an dem schwedischen Denker Victor Rydberg, an Nordenskiöld (modelliert durch Walter Runeberg), sowie an einigen Photographien „en face“ von Caesar, Aristoteles und mehreren anderen tritt nun die Prominenz der linken Kranialhälfte deutlich hervor, während an einer Anzahl idealisierter Köpfe wie von Göttern und Göttinnen, Eros, Antinous, Hermes von Praxiteles, Moses von Michelangelo und einigen als wenig intelligenten bekannten Königen die beiden Kopfhälften symmetrisch sind oder die linke Seite nur unbedeutend hervorragt.

Es scheint also ein auffallender Unterschied zwischen den Porträtbüsten zu sein, wo die betreffenden hervorragenden Personen wahrscheinlich als Modelle saßen und den Phantasieköpfen, wo dies wohl nicht der Fall war. Als Michelangelo seinen Moseskopf ohne Prominenz an der linken Seite machte, so scheint es, als ob er nicht gewußt hatte, daß Moses, der gewiß kein Dummkopf war, doch mit linksseitiger Prominenz skulptiert werden müsse.

Ist man dann berechtigt, hieraus den aus kunstgeschichtlichem Gesichtspunkte interessanten Schluß zu ziehen, daß wo eine linksseitige Prominenz vorhanden ist, der Kopf nach lebendem Modelle skulptiert wurde? Der entgegengesetzte Schluß ist gewiß nicht berechtigt, denn bei weniger Intelligenten, und besonders bei den Weibern der Antike und auch der Gegenwart, scheint die Prominenz nur eine geringe zu sein oder ganz zu fehlen.

Die Ursache des Fehlens der Prominenz kann auch beim Künstler liegen, wenn er beim Skulptieren nicht realistisch und naturgetreu arbeitete. So z. B. findet sich am Kolossalkopfe unseres Dichters und Musikers Gunnar Wennerberg fast gar keine Prominenz, und doch hatte dieser geniale Mann nach sicherem Aufschluß einen auffallenden „Genie buckel“.

Hier öffnet sich ohne Zweifel sowohl für den Künstler wie für Ärzte ein interessantes Feld zu bearbeiten. Und ich überlasse diesen Forschern, zu prüfen, ob meine Hypothese, die bisher nur als eine Arbeitshypothese gilt, wohl begründet ist oder nicht.

Für den Hirnphysiologen kann die Beobachtung, wenn sie bestätigt wird, von großer Bedeutung sein. Sie scheint anzudeuten, daß die Prominenz der linken Kranielhälfte herabgeerbt ist. Es wäre dann von Interesse, Schädel von Eltern und ihren Kindern verschiedenen Alters, Geschlecht und Gewerbe, sowie Schädel der wilden Völker aus verschiedenen Zeitaltern, Schädel aus den Gräbern des Steinalters usw. zu untersuchen, und zwar immer mit kritischem Auge, ob eine zufällige Asymmetrie oder Knochenkrankheit oder andere Gelegenheitsursachen vorliegen. Die Untersuchung erfordert gewiß große Vorsicht und Kritik.

Die oben dargelegte Anschauung über die Rolle der rechten Hirnhälfte, für deren Berechtigung viele klinische und anatomische Tatsachen sprechen, erfordert noch kräftigere Beweise als die obigen und muß bis auf weiteres als eine Arbeitshypothese und ein Ausgangspunkt künftiger Forschung auf diesem dunklen Gebiete, wo noch so viele ungelöste Probleme vorhanden sind, betrachtet werden.