

Die bewußte Handlung, ihre Entstehung und ihre Hirnorganisation

1

Vor einigen Jahren wurde von zwei amerikanischen Psychologen — zunächst von B. F. Skinner und dann von D. O. Hebb — vorgeschlagen, den Terminus CNS („Central Nervous System“) als „Conceptual Nervous System“ zu interpretieren. Sie wollten damit unterstreichen, daß die Funktion des Gehirns weit komplizierter ist, als man bisher annahm, und daß das menschliche Gehirn ein Apparat ist, der die aufgenommene Information in ein Begriffssystem kodiert und damit die Regulierung des Verhaltens auf eine neue Stufe hebt.

Für unsere Thematik, die sich mit den höchsten Formen bewußter Verhaltensregulation, ihrer Entstehung, ihrer Veränderung und ihrer Hirnmechanismen beschäftigt, ist diese neue Auslegung des traditionellen Terminus besonders wichtig.

Das menschliche Gehirn kodiert die erhaltene Information in ein System von Begriffen. Damit wird es dem Menschen möglich, sich von anschaulichen, zufälligen Eindrücken zu lösen und ein inneres Codesystem zu entwickeln, welches das Verhalten reguliert und es verselbständigt (indem es komplizierte Verhaltensprogramme aufstellt und ihre Ausführungsregulation sichert).

Wer dies ignoriert und an das menschliche Gehirn mit den gleichen Kriterien herangeht wie an das Gehirn einer Ratte, bewegt sich in den Grenzen biologischer Konzeptionen Mitte des 19. Jahrhunderts und verzichtet auf die Erforschung jener rationalen und bewußten Formen menschlicher Tätigkeit, die den eigentlichen Inhalt der Psychologie ausmachen.

Welche Wege aber muß man gehen, um endgültig den klassischen Dualismus zu überwinden, der lediglich für physiologische Prozesse eine wissenschaftliche Betrachtungsweise für möglich hält, dagegen die Beschreibung bewußter Verhaltensformen des Menschen der „Wissenschaft von der Seele“ überläßt? Wie kann eine wissenschaftliche, objektive Untersuchung auch der bewußten Tätigkeit des Menschen garantiert werden? Hier kann ich mich nicht den Psychologen anschließen, deren Formel ich einleitend anführte. Wer das Wesen bewußten menschlichen Verhaltens nur mit biologischen Begriffen zu erklären versucht und die Wurzeln der „Willkürlichkeit“ des Verhaltens in der spontanen Aktivität der Nervenzelle sieht — wie es viele bekannte Forscher tun (vgl. Eccles, 1966, Hebb, 1964 u. a.) —, der hofft die Erklärung des menschlichen Bewußtseins in jenen biologischen Erscheinungen zu finden, die wohl Gradmesser

des allgemeinen Erregungszustands lebender Systeme sein können, jedoch keine Aussagen über die Entstehung ihrer rationalen Tätigkeit gestatten.

Der Weg zur wissenschaftlichen Erklärung bewußter Tätigkeit und willkürlicher Verhaltensregulation liegt in einer ganz anderen Richtung. Man darf die Anfänge des Bewußtseins und der Willenstätigkeit des Menschen nicht in den Tiefen des Gehirns suchen, sondern muß zur Analyse jener konkreten Formen historisch entstandener Beziehungen des Menschen zur gesellschaftlichen Umwelt übergehen, die ihn zum Menschen gemacht haben und die eigentliche Quelle des menschlichen Bewußtseins sind.

Diesen Weg ging der bedeutende sowjetische Psychologe L. S. Wygotski und diese Betrachtungsweise bestimmte weitgehend die Entwicklung der sowjetischen Psychologie in den letzten 40 Jahren.

Ein Kind wird mit einer ganzen Reihe sich selbst regulierender Funktionen geboren. Zunächst sind dies viszerale Prozesse, später allgemeine Prozesse der Orientierungstätigkeit, des zunehmenden „Wachzustands“ und jenes „Belebungscomplexes“, den man beim Kind in den ersten Lebensmonaten beobachten kann, wenn es mit Erwachsenen in Kontakt kommt. Alle diese Aktivitätsformen sind eingehend untersucht worden: in der Sowjetunion durch Schtschelowanow und seine Schüler, in der Schweiz durch Minkowski, in Deutschland durch Peiper und in der letzten Zeit in den USA durch Bruner. Doch wie weit entfernt sind diese elementaren Erscheinungsweisen der Aktivität eines Kindes von jenen Formen der Regulation der Tätigkeit, die ein Schulkind oder gar einen Erwachsenen kennzeichnen!

Wo sind die Wurzeln der spezifisch menschlichen Formen der bewußten Verhaltensregulation zu suchen?

Das Kleinkind lebt von Anfang an in der Umgebung Erwachsener. Nachdem es sich physisch von der Mutter gelöst hat, bleibt es noch weiterhin psychisch mit ihr verbunden. Die ersten Formen der psychischen Tätigkeit eines Kindes sind somit faktisch auf zwei Menschen aufgeteilt. Sie beginnen mit den Handlungen und Worten der Mutter und enden mit den Handlungen des Kindes. Die Mutter zeigt einen Ball und sagt: „Das ist ein Ball!“ Das Kind wendet ihm die Augen zu und greift danach. Auf diese Weise bilden sich die Grundlagen für die höheren Verhaltensformen des Kindes. Bald beginnt es, sich von selbst einem Gegenstand zuzuwenden, und im zweiten Lebensjahr spricht es das Wort „Ball“. Indem das Kind selbständig ein Objekt herauslöst und auf dieses reagiert, erfolgt eine entscheidende Veränderung in seinem perceptiven Bereich. Die Frühform der psychischen Tätigkeit des Kindes, die bisher auf zwei Menschen aufgeteilt war, verwandelt sich jetzt in eine komplizierte Struktur der psychischen Tätigkeit des Kindes selbst. Und eben in dieser Periode werden die Grundlagen für den neuen Verhaltenstyp gelegt. Das ist seiner Entstehung nach ein sozialer, seiner Struktur nach ein vermittelter und seinen Funktionsweisen nach ein bewußter, sich selbst regulierender Verhaltenstyp.

2

Man darf nun nicht annehmen, daß die Aneignung der höchsten Formen willkürlicher Verhaltensregulation eine einfache Sache sei und daß die Herausbildung komplizierter Systeme psychischer Tätigkeit — zu denen auch die Sprache mit ihrer verhaltensregulierenden Funktion gehört — bereits im Klein-

kindalter abgeschlossen wäre. Faktisch beginnt dieser Prozeß erst im zweiten und dritten Lebensjahr, und ein Kind muß eine recht lange und wechselvolle Entwicklung durchlaufen, bis sich die höchsten psychischen Funktionen endgültig herausgebildet haben.

Wir wenden uns nun dem Tatsachenmaterial zu und versuchen, an einfachsten Modellen aufzuzeigen, wie die Regulationsfunktion der Sprache entsteht und welche Etappen dieser komplizierte Prozeß durchläuft.

Es ist allgemein bekannt, daß die sprachliche Aufforderung eines Erwachsenen bei einem Kind von 6—8 Monaten lediglich eine organisierte Orientierungsreaktion hervorrufen kann; erst im Alter von 12—14 Monaten wird durch die sprachliche Aufforderung eine eigentliche Handlung ausgelöst. Wenn man einem Kind einen vor ihm liegenden Gegenstand nennt, richtet es seine Augen auf ihn und wendet sich ihm zu. Sagt man ihm „Heb die Händchen“ oder „Mach' backe-backe-Kuchen“, so tut es auch dies.

Aber obwohl die sprachliche Instruktion eines Erwachsenen die entsprechende Handlung auslösen kann, überwindet sie auf dieser Etappe keineswegs stärkere Einflüsse anderer Bedingungen, die im Handlungsfeld auftreten. Weiterhin ist es unmöglich, eine bereits angelaufene Reaktion des Kindes aufzuhalten oder es von einer begonnenen Handlung auf eine andere umzuorientieren. Noch weniger vermag eine sprachliche Instruktion ein solches Codesystem aufzubauen, welches das Programm zukünftiger Handlungen des Kindes vollständig bestimmen könnte.

Geben wir einem Kind von 12 Monaten einen Plüschhasen und lassen wir es sich an das Spielzeug gewöhnen. Wenn wir dann zu ihm sagen: „Gib mir den Hasen!“, so richtet es die Augen auf das Spielzeug, dreht sich zu ihm hin und nimmt es in die Hände. Wir verändern jetzt unser Experiment und legen neben den bereits bekannten Hasen ein neues, auffälliges Spielzeug, vielleicht einen recht bunten Hahn. Unter diesen Bedingungen zeigt die Befolgung der gleichen verbalen Instruktion eine wesentlich kompliziertere Verlaufsstruktur: Die Augen des Kindes richten sich auf den Hasen, die Hand kommt in Bewegung, jedoch ergreift das Kind vielleicht nicht den Hasen, sondern den auffälligeren Hahn, dem das Kind auf dem Weg seiner Hand zum Hasen begegnet. Kommt noch hinzu, daß sich der Hahn näher als der Hase beim Kind befindet, wird die Ausführung der verbalen Instruktion für das Kind völlig unmöglich. Eine verbale Aufforderung des Erwachsenen kann bei einem Kind zwar leicht eine Orientierungsreaktion hervorrufen, jedoch ist das Kind noch nicht in der Lage, einem unmittelbaren Orientierungsreflex zu widerstehen, der von einem stärkeren oder neuen Reiz (nämlich dem bunten Hahn) ausgelöst wird.

Analoge Ergebnisse erhält man, wenn man bei einem Kind dieses Alters zunächst eine stabile Reaktion auf eine bestimmte verbale Instruktion herausbildet und dann versucht, das Kind durch eine verbale Instruktion anderen Inhalts auf eine andere Handlung umzuorientieren. Das läßt sich mit einem einfachen Experiment demonstrieren: Ein Kind im Alter von 14—16 Monaten, vor dem zwei bekannte Spielsachen liegen — ein Hase und eine Puppe —, fordert man mehrmals hintereinander auf: „Gib mir den Hasen!“ Darauf folgt dann, ohne die Intonation zu verändern, die andere verbale Instruktion: „Gib mir die Puppe!“ Meist hat sich ein so stabiler Stereotyp auf die sprachlich« Aufforderung „Gib mir den Hasen“ herausgebildet, daß das Kind weiterhin zum Hasen greift, auch wenn man es auffordert, die Puppe zu geben. Die

sprachliche Aufforderung vermag also nicht den eben erst gefestigten Stereotyp mit der notwendigen Leichtigkeit zu verändern (A. R. Lurija und A. G. Poljakowa).

Auch eine andere Serie von Experimenten demonstriert recht deutlich, daß die verbale Instruktion des Erwachsenen nur allmählich ihre die Handlung des Kindes regulierende Bedeutung erlangt:

Vor ein Kind werden zwei ihm gut bekannte Gegenstände gestellt: links eine hölzerne Tasse und rechts ein hölzerner Becher. Vor den Augen des Kindes wird unter die Tasse ein Geldstück gelegt. Unverzüglich fordert man das Kind auf: „Gib mir das Geld!“ Diese Aufforderung wird bereits von Kindern im Alter von 18—22 Monaten gut ausgeführt. Wartet man dagegen mit der Aufforderung, das Geld herzugeben, etwa 10—20 Sekunden nach dem Verstecken des Geldes, dann wird die Ausführung der Aufforderung erschwert. In diesem Fall kann die sprachliche Instruktion ihren zielbestimmten Informationsgehalt und damit ihre handlungsregulierende Funktion verlieren, und das Kind beginnt, beide Gegenstände zu untersuchen. Nur in der Hälfte der Fälle wendet es sich dem richtigen Gegenstand zu. Die unmittelbare Orientierungsreaktion auf die anschaulich gegebenen Objekte erweist sich hier stärker als die Spuren der gezielten, auf das Geldstück orientierten verbalen Instruktion. Erst mit zweieinhalb bis drei Jahren erlangt die „verspätete Ausführung“ einer verbalen Instruktion genügend Stabilität (A. R. Lurija und A. G. Poljakowa).

Wie schwach die Regulierungsfunktion der Sprache bei kleinen Kindern entwickelt ist, zeigt sich noch deutlicher in Experimenten, in denen sich die sprachliche Aufforderung nicht mehr auf anschauliche Erfahrung stützen kann. Zu diesem Zweck wird, ohne daß es das Kind bemerkt, die Münze unter einen der beiden Gegenstände gelegt und das Regulationsprogramm auf die sprachliche Ebene verlagert. Dem Kind wird jetzt gesagt: „Die Münze liegt unter der Tasse. Gib mir die Münze!“ In diesem Fall erweist sich die verhaltensregulierende Wirkung der verbalen Instruktion bei Kindern im Alter von 16—18 Monaten als äußerst instabil und bei Kindern im Alter von 24—28 Monaten als wenig plastisch. Die ersteren ignorieren die sprachliche Instruktion völlig und greifen zu einem beliebigen Gegenstand, wobei sie dem unmittelbaren Einfluß des Orientierungsreflexes unterliegen; die älteren Kinder beginnen die sprachliche Instruktion auszuführen, wobei sich allerdings nach 3—4maliger Wiederholung ein stabiler Stereotyp herausbildet. Wenn man dann die Instruktion ändert und sagt: „Das Geld liegt unter dem Becher! Gib mir das Geld!“, greifen sie weiterhin zur Tasse und ignorieren die Veränderung in der sprachlichen Instruktion. Erst gegen Ende des dritten Lebensjahres erlangt eine sprachliche Instruktion, die sich nicht auf anschauliche Erfahrung stützt, genügend Plastizität (A. R. Lurija und T. W. Rosanowa, 1959).

Die verbale Instruktion, die beim Kind gegen Ende des ersten Lebensjahres Bewegungsakte *auszulösen* vermag, erlangt erst gegen Ende des dritten Lebensjahres eine gewisse Selbständigkeit und Plastizität.

Wir sagten bereits, daß die verbale Instruktion des Erwachsenen eine Handlung des Kindes auslösen kann, wobei sie jedoch in der ersten Zeit keinesfalls eine begonnene Handlung zu bremsen oder diese einem vorher aufgebauten Programm unterzuordnen vermag.

Dies zeigen deutlich einfache Versuche mit bedingter Bewegungsreaktion, die man registrieren kann und deren Ergebnisse sich leicht veranschaulichen lassen.

Wir geben einem Kind von zwei Jahren einen Gummiball, der mit einer pneumatischen Registrierungsapparatur verbunden ist. Dann fordern wir das Kind auf: „Drücke den Ball!“ Die Ergebnisse werden nicht so eindeutig sein, wie man vermuten könnte. Falls nicht bereits der Ball selbst eine unwillkürliche Drückreaktion hervorgerufen hat, beginnt das Kind nach der Aufforderung dazu die Handlung auszuführen, vermag jedoch nicht wieder aufzuhören. Die rhythmischen Reaktionen, den Ball zu drücken, setzen sich ohne jegliches sprachliches Signal fort. Alle Versuche, diese unwillkürlich entstandenen Bewegungsreaktionen aufzuhalten, sowie alle Hinweise, nur zu drücken, wenn dazu aufgefordert wird, bleiben ergebnislos. Häufig führt die strenge Aufforderung, den Ball nicht zu drücken, zu einer verstärkten Ausführung dieser Bewegungen. Die verbale Aufforderung, welche zu dieser Zeit bereits handlungsauslösend wirkt, hat noch keinerlei Hemmungsfunktion.

Noch deutlicher zeigt sich die ungenügende Regulierungsfunktion der Sprache in Versuchen mit einer durch verbale Instruktion ausgelösten Bewegungsreaktion auf ein *bedingtes Signal*.

Eine Instruktion „Wenn Du ein Signal siehst, drückst Du auf den Knopf!“ erscheint uns sehr einfach. In Wirklichkeit erfordert sie eine komplizierte Handlungsorganisation: Bei dem Subjekt muß sich auf der Grundlage der Instruktion ein antizipiertes System von Verbindungen herausbilden, das die unmittelbare Orientierungsreaktion auf das Signal hemmt und das die aktuelle Handlung der Bedeutung des bedingten Signals zuordnet. Zu einem solchen antizipierten Aufbau einer bedingten Matrix von Verbindungen ist ein Kind von zwei Jahren niemals in der Lage. Die Instruktion „Wenn das Licht aufblinkt, drückst Du auf den Ball!“ verleiht der Bewegungsreaktion des Kindes noch keinerlei organisierten Verlauf. Nachdem das Kind den Ball in die Hände genommen hat, beginnt es, noch bevor das Signal aufleuchtet, den Ball zu drücken. Sieht es das Licht, fängt es an, dies zu betrachten, und hört mit seinen Bewegungen auf. Das bedingte Signal (Licht leuchtet auf) wirkt hier wie ein unmittelbares Agens, das eine direkte Orientierungsreaktion auslöst. Dies führt aber zu Resultaten, die den erwarteten entgegengesetzt sind. Auch in diesem Fall lassen sich die überflüssigen Reaktionen durch die verbale Instruktion „Drücke nur, wenn ein Licht kommt!“ oder „Du brauchst nicht mehr zu drücken!“ nicht bremsen. Solche Instruktionen verstärken entweder die überflüssigen Bewegungsreaktionen oder hemmen jegliche Aktivität des Kindes (S. J. Jakowlewa, 1958). Die selektive hemmende Wirkung der Sprache des Erwachsenen auf das Verhalten des Kindes ist in jener Periode völlig unzureichend entwickelt, während sich andererseits die handlungsveranlassende und handlungsauslösende Wirkung der Sprache bereits genügend herausgebildet hat. Analoge Ergebnisse erhält man bei Kindern im Alter von zweieinhalb bis

drei Jahren, wenn man den Schwierigkeitsgrad der Instruktion erhöht und auf dieser Grundlage ein komplizierteres Handlungsprogramm aufzubauen versucht. Das wäre zum Beispiel dann der Fall, wenn man eine kompliziertere Bewegungsreaktion („Wenn ein Licht leuchtet, drückst Du zweimal!“) oder eine Differenzierungsreaktion („Wenn das rote Licht aufleuchtet, darfst Du nicht drücken!“) ausarbeitet. Ein Kind von drei bis dreieinhalb Jahren kann die verbale Instruktion des Versuchsleiters mit Leichtigkeit behalten, ist jedoch nicht imstande, sie zu befolgen. Im ersten Fall („Wenn ein Licht leuchtet...“) wird es als Antwort auf das optische Signal den Ball mehrere Male hintereinander drücken. Im zweiten Fall („Wenn das rote Licht...“) wird es ständig impulsive Bewegungsreaktionen sowohl auf das eine als auch auf das andere Signal zeigen. Auf dieser Entwicklungsstufe ist das Kind noch nicht in der Lage, sich ein sprachlich formuliertes und vorweggenommenes Handlungsprogramm anzueignen und seine weiteren Reaktionen diesem Programm zu unterwerfen (O. K. Tichomirow, 1958).

Erst im Alter von dreieinhalb bis vier Jahren ist es möglich, ein solch einfaches, sprachlich formuliertes Verhaltensprogramm auszuführen. Aber auch hier genügt eine geringfügige Komplizierung der Bedingungen, um erneut die oben beschriebenen Fehlreaktionen hervorzurufen.

4

Es ergibt sich nun die Frage, ob wir nicht in der Lage sind, diesen natürlichen Entwicklungsgang zu beschleunigen und Mittel zu finden, die eine sprachlich ausgelöste Verhaltenssteuerung des Kindes auf möglichst frühen Entwicklungsstufen gewährleisten.

Alle Versuche, die mit Kindern im Alter von 12—18 Monaten vorgenommen wurden, blieben erfolglos.

Experimente an Kindern im dritten Lebensjahr dagegen lieferten erfolgversprechende Ergebnisse und wiesen den Weg zu weiteren Untersuchungen.

Wir stellten fest: Ein Kind, das auf bedingte Signale einer verbalen Instruktion hin zunächst noch keine der Instruktion entsprechende organisierte Reaktionen auf bedingte Signale geben konnte, war dazu jedoch unter bestimmten Voraussetzungen imstande. Und zwar dann, wenn seine Bewegung den Charakter einer sinnvollen Handlung erhielt, die mit irgendeinem realen Ergebnis endete, und wenn das Handlungsergebnis über die Exterorezeptoren zurückgemeldet wurde.

Wenn man zum Beispiel ein Kind von einem Jahr und acht Monaten oder zwei Jahren instruierte, beim Aufleuchten des Lichts einen Ball zu drücken und dadurch „das Licht zu löschen“, so verschwanden die überflüssigen Bewegungsreaktionen. Derselbe Effekt zeigte sich bei etwas älteren Kindern unter folgenden Voraussetzungen: Wenn jede Bewegung im Nachgang an die Instruktion „Wenn das Licht leuchtet, drückst Du zweimal!“ von einem Lautsignal begleitet wurde und wenn hierdurch die noch nicht ausgebildete kinästhetische Kontrolle durch eine exterorezeptive, „sanktionierende Afferenz“ ersetzt wurde.

Eine verbale Instruktion kann also eine organisierte Handlung hervorrufen und überflüssige Bewegungen hemmen, wenn der gesamte Prozeß nach dem Typ einer Handlung mit Rückmeldung und mit einer vom Kind selbst hervorgerufenen sanktionierenden Afferenz aufgebaut wird.

Nun ergibt sich die natürliche Frage: Können wir nicht diese unmittelbare Reafferenz, die überflüssige Bewegungen des Kindes hemmt, durch eine höhere und spezifisch *sprachliche Tätigkeit* ersetzen und mit Hilfe eines eigenen sprachlichen Kommandos des Kindes einen verhaltensregulierenden Effekt hervorrufen?

Experimente mit dreijährigen Kindern erbrachten negative Ergebnisse. Kinder im Alter von zwei Jahren und drei Monaten bis zu zwei Jahren und acht Monaten konnten auf jeden Reiz sehr leicht mit der einfachen verbalen Reaktion „tu“ antworten. Wenn sie jedoch aufgefordert waren, auf ein Signal hin einen Ball zu drücken und gleichzeitig „tu“ zu sprechen, hemmte die verbale Reaktion die motorische Bewegung, und keinerlei regulierende Rolle der verbalen Reaktion „tu“ kam zustande.

Ein anderes Bild beobachteten wir an Kindern im Alter von drei Jahren und sechs Monaten bis zum Alter von drei Jahren und neun Monaten. Die Einbeziehung der eigenen verbalen Aufforderungen des Kindes hemmte anfangs noch nicht seine überflüssige Bewegungsaktivität. Aber schon nach kurzer Zeit erlangte die verbale Aufforderung eine organisierende Wirkung. Indem sich das Kind bei jedem Signal „tu!“ „tu!“ selbst diktierte, begann es, geordnete Bewegungsreaktionen auszuführen. Bezeichnend ist, daß die Bewegungsreaktion erneut in der früheren Ungeordnetheit auftrat, wenn die begleitende sprachliche Reaktion fehlte.

Analoge Resultate erhielten wir, als wir das Sprechen des Kindes in die Ausführung komplizierterer Programme einbezogen, z. B. wenn es auf ein Signal hin zweimal drücken sollte. In allen diesen Fällen erlangte der Befehl des Kindes eine handlungsregulierende Bedeutung, und wir konnten seine Funktion als „höchster Regulator des menschlichen Verhaltens“ beobachten.

Man darf nun aber nicht voreilig annehmen, diese ersten und einfachsten Experimente zeugten bereits von der vollen Durchsetzung der regulierenden Funktion der Sprache und von der vollständigen Ausbildung der bewußten Verhaltensprogrammierung. In Wirklichkeit ist dies erst der Anfang eines komplizierten und langen Weges.

Um neben der Stärke der regulierenden Funktion der Sprache auch ihre Schwäche zu zeigen, genügt es, nur ein wenig das Experiment zu komplizieren und von der einfachen Bewegungsreaktion zur *Auswahlreaktion* überzugehen. Hierbei verändert sich die psychische Struktur der Verhaltensregulation völlig: Ein positives Signal (z. B. rotes Licht) soll eine positive Bewegungsreaktion auslösen, während ein anderes, physikalisch ebenfalls positives Signal (grünes Licht) verlangt, keine Bewegungen auszuführen. Das Bild ändert sich nicht, wenn wir uns zur Bekräftigung dieses Programms an den eigenen sprachlichen Befehl des Kindes wenden, dem bei den einfachen Experimenten eine solche Bekräftigungsfunktion zukam. Jetzt soll das positive verbale Kommando „Drücken!“ oder „Los!“ eine Bewegungsreaktion auslösen, während das andere — das seiner innervierenden Charakteristik nach ebenfalls positive, jedoch seiner Bedeutung nach hemmende — verbale Kommando „Nicht drücken!“ oder „Nein!“ sich hemmend auf die Bewegungen des Kindes auswirken soll. Gerade das erweist sich in einem frühen Entwicklungsstadium der regulierenden Rolle der Sprache als kompliziert. Ihre direkt innervierende Wirkung ist hier noch stärker als die semantische. Wenn ein Kind im Alter von drei Jahren auf das grüne Licht hin „Nein“ sagt, vermag es noch nicht, seine Bewegungsreaktion

zu hemmen, ja, es beginnt sogar häufig, sie zu enthemmen. Dieser Effekt tritt noch stärker bei älteren, aber geistig zurückgebliebenen Kindern auf (bei Imbezillität). Hier erzeugt die unmittelbare innervierende Wirkung einer sprachlichen Äußerung einen ausgeprägten Enthemmungseffekt. Wenn ein solches Kind beim Anblick des Hemmungssignals das Wort „Nein!“ spricht, beginnt es, trotz des gesprochenen „Nein, nicht drücken!“ den in seinen Händen befindlichen Ball nur noch stärker zu drücken (Untersuchungen von J. D. Chomskaja, 1956, und J. N. Marzinowskaja, 1968).

Erst im Alter von viereinhalb bis fünf Jahren ist die Bildung von komplizierten Handlungsprogrammen mit Hilfe der Sprache ausreichend entwickelt. In dieser Zeit erübrigt sich aber bald der äußere sprachliche Befehl. Die organisierende Wirkung der semantischen Seite der Sprache des Kindes beginnt so stark zu dominieren, daß durch eine verbale Instruktion in sich geschlossene Programme allmählich entscheidenden Einfluß erlangen. Gerade dadurch wird zu diesem Zeitpunkt die Beteiligung der äußeren Sprache des Kindes bei der Regulierung der von uns beschriebenen Prozesse überflüssig. Ihr Einfluß interiorisiert sich so weit, daß das Kind beginnt, das Programm schweigend auszuführen, und lediglich bei weiterer Komplizierung des Experiments (beispielsweise bei Erhöhung des Tempos oder bei weiterer Erschwerung der Bedingungen) Fehlleistungen bringt (J. D. Chomskaja, 1958).

Deshalb können wir das Alter von viereinhalb bis fünf Jahren als die Etappe ansehen, in der erstmals der organisierte Einfluß jener Ebene (Niveaustufe) des zentralen Nervensystems auftritt, die die Bildung verhaltensregulierender Programme gewährleistet.

5

Wir verzichten hier auf eine Analyse der weiteren Entwicklung der höheren Formen der Verhaltensregulation beim Kind. Diese Entwicklung verläuft in der Weise, daß das System der begrifflichen Operationen immer komplizierter wird und daß sich höhere psychische Systeme herausbilden, welche sich mit der inneren Rede eng zu verbinden beginnen und eine komplizierte vermittelte Struktur aufweisen. Sowohl L. S. Wygotski als auch J. Piaget haben dieses Gebiet so gründlich analysiert, daß wohl kaum noch etwas Wesentliches hinzuzufügen bleibt.

Wenden wir uns nun dem *zweiten* Problem zu, das uns in den letzten Jahren beschäftigte. Wie ist die Hirnorganisation zu verstehen, durch die eine Kontrolle des eigenen Verhaltens ermöglicht wird? Die Idee vom „Conceptual Nervous System“ beinhaltet lediglich eine allgemeine Kennzeichnung dieser höchsten Regulationsebene des Nervensystems, sagt aber noch nichts über seinen realen Aufbau, seinen Wirkungsmechanismus aus.

Welche Systeme des menschlichen Gehirns gestatten uns, Verhaltenspläne und -programme aufzustellen, eine stabile und gerichtete Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten, den Verlauf bewußter Handlungen zu verfolgen, allen Abweichungen vom Plan entgegenzuwirken und auftretende Fehler rechtzeitig zu korrigieren? Welche Mechanismen ermöglichen eine solche Regulation der psychischen Prozesse des Menschen?

Unsere folgenden Ausführungen sollen nicht mehr sein als eine erste Annäherung an dieses Problem. Neuropsychologische Untersuchungen, die wir im

Verläufe von 40 Jahren in der Klinik für Hirnverletzte durchgeführt haben. gestatteten uns, einige wesentliche Fakten zu sammeln. Unsere Antwort auf die oben gestellte Frage beschränkt sich auf den Versuch, diese Fakten zu ordnen. Keineswegs erheben wir den Anspruch, eine geschlossene Theorie aufzustellen.

Die Behauptung, daß das menschliche Gehirn als einheitliches Ganzes funktioniert und daß das gesamte Gehirn für die bewußte Verhaltenskontrolle zuständig ist, ist sowohl wahr als auch falsch. Sie ist wahr, weil begründet angenommen werden kann, daß solch eine komplizierte Tätigkeit nur vom gesamten Gehirn, dem höchsten Organ der Verhaltensregulation, vollzogen werden kann. Sie ist falsch, weil die Annahme zumindest äußerst naiv wäre, daß dieses Gehirn als etwas Ungegliedertes arbeite und daß seine komplizierte Arbeit nur von der nervösen Substanz jener Gehirnpartien abhängt, die an dieser oder jener Form der psychischen Tätigkeit beteiligt sind.

Die Ergebnisse der Hirnmorphologie, der Physiologie und der klinischen Praxis widerlegen die Auffassung vom Gehirn als einem ungegliederten Ganzen. Diese Auffassung war noch haltbar, als Lashley seine Untersuchungen begann, heute ist dies nicht mehr möglich. Das heißt aber nicht, daß wir zu Auffassungen von einer strengen Lokalisation zurückkehren müßten, wonach angeblich einzelne Zellgruppen Träger komplizierter Formen psychischer Tätigkeit sind. Die Ideen von Gall und Kleist sind uns noch weiter entfernt als die von Goltz und Lashley.

Wir haben heute allen Grund zu der Annahme, daß das menschliche Gehirn, einschließlich der Hirnrinde, *ein kompliziertes -funktionales System von gemeinsam arbeitenden Niveaustufen und Bereichen* darstellt. Die Gedanken der „Arbeitskonstellationen“ von Uchtomski, des „Zellensembles“ von Hebb oder der „funktionalen Systeme“ von P. K. Anochin nahmen in den letzten Jahrzehnten recht konkrete Gestalt an. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß die Forscher, die in die Geheimnisse des Gehirns einzudringen versuchen, „von zwei Seiten einen Tunnel graben“. Neben bewunderungswürdigen Arbeiten über die Funktion einzelner Neuronen liegen Untersuchungen über die Makroarchitektur gemeinsam arbeitender Zonen der Hirnrinde, des Hirnstamms und des Großhirns vor.

In welcher Weise können nun diese Untersuchungen zur Beantwortung unserer Hauptfrage beitragen, nämlich der Frage nach der Hirnorganisation des bewußten, „willkürlich“ regulierten Verhaltens?

Untersuchungsergebnisse der letzten Jahrzehnte berechtigen zu der Annahme, daß an der allgemeinen Tätigkeit des Gehirns zumindest *drei Hauptsysteme* („Blöcke“) beteiligt sind, wobei ein jedes von ihnen spezifische Aufgaben erfüllt.

Das *erste* ist das energetische System oder das System, das den ständigen Tonus des Kortex, seine allgemeine Funktionsbereitschaft (Wachzustand) garantiert. Zu diesem System gehören u. a. die oberen Teile des Stammhirns mit der *formatio reticularis* und zum Teil die medio-basalen Gebilde des Subkortex.

Wir wollen hier die Funktionen dieses Systems nicht ausführlicher erläutern. Die hervorragenden Arbeiten von Magoun und Moruzzi, Jasper und Lindsley und schließlich von Olds und McLean sind noch in aller Gedächtnis. Die Beiträge dieser Autoren zur Theorie des Wachzustands und des Schlafs,

zu Fragen der Aktivierung und der Impulsgebung gehören zu den bedeutendsten Errungenschaften der modernen Wissenschaft.

Die Rolle, die dieses System für die Tätigkeit der höchsten Abschnitte der Hirnrinde spielt, darf keinesfalls unterschätzt werden. Man darf jedoch andererseits nicht annehmen, daß es, weil es den allgemeinen „Wachzustand“ gewährleistet, das entscheidende Organsystem der komplizierten bewußten Tätigkeit des Gehirns ist. Untersuchungsergebnisse der letzten Jahre zeigen, daß der größere Teil von nervösen Einzelbereichen dieses Gesamtsystems (z. B. die nichtspezifischen Kerne des Sehhügels, der Schweifkern und der Hippocampus) aus Neuronen besteht, welche auf beliebige Zustandsänderungen des Organismus oder der Umwelt reagieren, und zu dem gehört, was Jasper „Attention Units“ nannte. Andere Autoren haben hierfür den Terminus „Neuronen für das Neue“ geprägt. Diese Neuronen vermögen zwar keine spezielle Information zu übertragen, können aber den Tonus des Kortex aufrechterhalten und seinen Zustand regulieren.

Angesichts dessen werden jene Untersuchungsergebnisse, die wir in den letzten Jahren gewonnen haben, völlig verständlich (A. R. Lurija, J. D. Chomskaja, S. M. Blinkov, M. Kritschli, 1967; A. R. Lurija, L. J. Podgornaja, A. N. Konowalow, 1969). Sie machen deutlich, daß Tumore oder Gefäßverletzungen innerhalb der medialen Gebiete der Rinde oder in ihren basal gelegenen Bereichen ausgeprägte Veränderungen im Wachzustand hervorrufen, die genaue Orientierung hinsichtlich Ort und Zeit zerstören, die Selektion unwillkürlich entstehender Verbindungen beeinträchtigen und schließlich zu einer allgemeinen Verminderung der Speicherkapazität und der Reproduktion von Gedächtnisinhalten führen können (L. T. Popowa, A. R. Lurija und N. K. Ki-jaschtschenko, unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse). Sie verursachen jedoch weder eine ernsthafte Störung der Begriffsbildung noch einen sichtbaren Zerfall der willkürlichen Verhaltensregulation. Mehr noch, selbst eine geringfügige den Tonus des Kortex erhöhende Stimulation dieser Kranken kann sehr leicht den Aktivitätsprozeß verstärken und für einige Zeit die beschriebenen Defekte kompensieren (J. D. Chomskaja, unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse).

All dies zeugt davon, daß die Unversehrtheit aller Gehirnpartien des ersten Systems eine wesentliche Voraussetzung für die höchsten Formen der Verhaltensregulation darstellt, niemals aber als ihr wesentlicher spezifischer Apparat betrachtet werden kann.

Das *zweite* System des Großhirns befindet sich in den rückwärtig (caudal) gelegenen Teilen der Hemisphären. Dazu gehören die Hinterhaupt-, Scheitel- und Schläfenlappen des Kortex mit ihren Leitsystemen und den Schaltkernen. Dieses System kann — grob gesprochen — als *System für die Aufnahme, die Verarbeitung und die Speicherung der aus der Außenwelt kommenden Information* bezeichnet werden. Da ich Fragen der Struktur und der Funktion dieses Systems bereits in einer Anzahl von Publikationen erörtert, habe (A. R. Lurija, 1947, 1966, 1967), will ich hier nur einige allgemeine Ausführungen machen.

Bekanntlich zeichnen sich einzelne Unter- und Teilsysteme dieses zweiten Gesamtsystems durch eine ausgeprägte funktionelle Spezifik aus: Der Hinterhauptlappen als nervöser Bereich für die kortikale Analyse und Synthese optischer Reize nimmt in keiner Weise an der Analyse von Lauten teil, während

der Schläfenlappen als zentraler Funktionsbereich des Gehörs nur in begrenztem Umfang an der Synthese der visuellen Informationen beteiligt ist.

Gleichfalls ist bekannt, daß jedes Unter- bzw. Teilsystem, das zu diesem Gesamtsystem gehört, eine hierarchische Struktur aufweist und daß sich über jeder primären oder Projektionszone (extrinsic zone) eine zweite Zone (intrinsic zone) befindet, welche es dank der starken Entwicklung der zweiten und dritten (der assoziativen) Zellschichten erlaubt, die eintreffende Information zu kodieren, ihre somato-topische Projektion in eine funktionale Organisation umzuwandeln.

In letzter Zeit wurde ermittelt, daß nur ein kleiner Teil von Neuronen dieser Zonen zu den unspezifischen „Neuigkeitsneuronen“ oder „Aufmerksamkeitsneuronen“ gehört. Der überwiegende Teil sind Neuronen, die auf Reize verschiedener Modalitäten spezifisch reagieren.

Die Spezifik dieser Zonen, die Bestandteil dieses zweiten Gesamtsystems sind, vermindert sich erst mit dem Übergang zu den „tertiären“ Zonen des Kortex. Sie fungieren als ein Apparat, der die Arbeit von Zonen verschiedener Modalitäten zusammenfaßt und eine Synthese der im Kortex ankommenden Signale vollzieht.

Wir haben bereits mehrmals über solche Verhaltensstörungen geschrieben, die bei Verletzung einzelner Zonen dieses Gesamtsystems auftreten. Dabei zeigten wir, wie in diesen Fällen der Prozeß der Synthese eintreffender Informationen in sukzessive oder simultane Strukturen, wie die „Gnosis“, die „Praxis“ und die Sprache beeinträchtigt werden (A. R. Lurija, 1947, 1962, 1963, 1966, 1968) und wie die hierbei auftretenden Defekte kompensiert werden können (A. R. Lurija, 1948, 1963).

Bezeichnend für alle diese Fälle bleibt jedoch, daß Kranke mit Verletzungen der rückwärtig gelegenen Teile der Hemisphären eine Reihe von *Operationen* der „Gnosis“ und der „Praxis“, des Sprechens sowie des operativen Denkens nicht mehr ausführen können, *jedoch keine Störungen in der bewußten zielgerichteten Tätigkeit aufweisen*. Sie können weiterhin Pläne und Programme ihrer Tätigkeit behalten, verfügen über Verhaltensstrategien und können mit erstaunlicher Beharrlichkeit an der Kompensierung ihrer Defekte arbeiten. Dies sind Menschen mit außerordentlich tragischen Defekten in den intellektuellen Operationen. Jedoch bleiben sie weiterhin Menschen im vollen Sinne dieses Wortes, und es sind keinerlei Störungen der bewußten Kontrolle des eigenen Verhaltens festzustellen.

Also ist auch das zweite System an der Bildung des höchsten Niveaus der Verhaltensregulation beteiligt, aber es stellt keinesfalls den Hauptapparat, den Hauptbereich dar, der die Regulation und Kontrolle des bewußten Verhaltens des Menschen gewährleistet.

Das *dritte* System, zu dem auch die Stirnlappen gehören, hat unmittelbaren Bezug zu unserem Thema. Dieses Gesamtsystem nimmt beim Menschen fast den dritten Teil der Hemisphären ein und ist die jüngste Errungenschaft in der Entwicklung des Gehirns. Es hat eine sehr enge Verbindung zur *formatio reticularis*. denn alle präfrontalen (besonders die medialen) Teile des Stirnhirnbereichs sind mit den Stammhirngebietern durch mächtige aufsteigende und absteigende Bahnen verbunden.

Daher ist die Stirnhirnpartie des Kortex die höchste Ebene der Bereiche, die

zu dem ersten System gehört. Das Stirnhirn ist mit allen Bereichen des Kortex verbunden, jedoch fehlt seiner Arbeitsweise im Unterschied zum zweiten System die modale Spezifik.

Es ist anzunehmen, daß gerade diese Teile des Großhirns über die absteigenden Bahnen mit der Regulation des allgemeinen Tonus des Kortex zusammenhängen und daß dieses System des Gehirns unmittelbarste Beziehungen zur *Regulation und Kontrolle der Bewegungen, der Handlungen und der Tätigkeit des Menschen* hat.

Wiederholt beschäftigten wir uns mit den Problemen, welche Bedeutung den Stirnlappen bei der Regulation des menschlichen Verhaltens zukommt (vgl. A. R. Lurija, 1962, 1963, 1966, 1969; A. R. Lurija und J. D. Chomskaja, 1966, u. a.). Jetzt aber wollen wir uns wieder den Hauptergebnissen unserer Untersuchungen zuwenden. Wir wollen versuchen, unsere neueren Kenntnisse über die Hirnorganisation der bewußten Tätigkeit des Menschen zusammenzufassen.

6

Die klinische Praxis kennt gut jene Verhaltensänderungen, die bei massiven Schädigungen der Stirnlappen eintreten (geringfügige Schädigungen können fast völlig symptomlos bleiben, da die Substanz dieses „jüngsten und am wenigsten differenzierten“ Teils des Kortex eine große Substituierbarkeit besitzt). Zum Unterschied von Kranken mit Schädigungen innerhalb des ersten Systems haben Patienten mit Stirnhirnläsionen keine stärkeren Störungen des psychischen Tonus aufzuweisen. Auch ausgeprägte Bewußtseinsstörungen können fehlen. Und zum Unterschied von Kranken mit Schädigungen der Teilbereiche des zweiten Systems leiden sie an keinerlei primären Defekten der „Gnosis“ und „Praxis“, der Sprache und der formal-logischen Operationen. Es scheint zunächst, als seien die psychischen Prozesse bei ihnen völlig erhalten. Das ist jedoch bei weitem nicht so. Die Regulation des bewußten Verhaltens solcher Patienten erweist sich als erheblich verändert.

In der Regel vermögen nur wenige Kranke mit massiver Schädigung der Stirnhirnpartien Pläne zu machen, Verhaltensprogramme aufzustellen sowie komplizierte Motive und Bedürfnisse zu entwickeln. In ihrem Verhalten ist keinerlei zukunftsorientierte Verhaltensstrategie zu erkennen. Es fehlt ihnen der Blick in die Zukunft, der normalerweise das komplizierte und bewußte Verhalten in der Gegenwart bestimmt. Die Realisierung komplizierter Programme wird bei ihnen entweder durch Impulshandlungen ersetzt, mit denen sie auf unmittelbare Eindrücke reagieren, oder es kommt zu sinnlosen Reproduktionen früher verfestigter Stereotype, die irgendwann einmal notwendig waren, später aber ihre Bedeutung völlig verloren haben. Die Beobachtungen von Bianchi und Franz, C. F. Jacobsen und U. H. Pribram an Affen, denen die Stirnlappen entfernt worden waren, oder die von Bechterew, Pawlow, Anochin und Konorski an Hunden ohne Stirnlappen erhalten für das Studium von Kranken mit massiver Stirnhirnläsion eine besondere Bedeutung. Ich kann nicht jene Kranke vergessen, bei der ein großer zweiseitiger Tumor an den Stirnlappen sich zunächst darin äußerte, daß diese bis dahin völlig normale Frau mit dem Besen Holz im Ofen zu schüren begann und statt Nudeln Bast im Suppentopf kochte. Die äußere Ähnlichkeit des Besens mit einem

Feuerhaken und des Basts mit Nudeln genügte, um ein solches Verhalten auszulösen, das zwar hinsichtlich seines Resultats sinnlos, jedoch völlig verständlich vom Mechanismus her erscheint. Oder ich denke an einen anderen Kranken mit einer schweren Stirnverletzung, der einen Tisch abzuhobeln begann und diese Tätigkeit ohne Unterbrechung fortsetzte, bis der Tisch und sogar der Ständer vollständig abgehobelt waren.

Die regulierende Funktion der höchsten Teile des ZNS ist hier zweifellos gestört. Die Regulation, die sonst von einem System von Plänen und Begriffen ausgeht, wird nun entweder durch den unmittelbaren Einfluß von Eindrücken ersetzt, die der Kranke durch äußere Einwirkungen erhält, oder sie erfolgt durch unkontrollierte Fortführung früher verfestigter Stereotype.

Die entscheidende Rolle der Stirnlappen bei der Regulation komplizierter bewußter Verhaltensformen, und bei der Sicherung einer ständigen Kontrolle der eigenen Handlungen ist unbestreitbar.

Wie läßt sich diese besondere Funktion der Stirnlappen erklären?

7

Gehen wir nun von den klinischen Beschreibungen zu experimentellen Untersuchungsergebnissen über. Dieses Untersuchungsmaterial bringt uns der Analyse jener inneren Mechanismen näher, die die Funktionen der Stirnlappen bestimmen.

Um ein kompliziertes Tätigkeitsprogramm ausführen zu können, muß ein Wachzustand im Kortex garantiert sein. Eine allgemeine Aktivierung des Kortex, wie sie zum Beispiel durch die Teilbereiche des Hirnstamms mit Hilfe der *formatio reticularis* erfolgt, ist jedoch völlig unzureichend. Die zur Ausführung eines komplizierten Tätigkeitsprogramms erforderliche Aktivität muß einen streng selektiven Charakter tragen und durch jene Aufgabe hervorgerufen werden, die vor dem Subjekt steht, und von jenen Plänen bestimmt sein, die das Subjekt aufstellt. Das Subjekt muß die für die Aufgabe wesentlichen Informationselemente aussondern und die nebensächlichen ablenkenden Einwirkungen hemmen. Natürlich kann dies nur unter Einbeziehung der absteigenden Bahnen erfolgen, auf denen die Impulse aus der Großhirnrinde an die tiefer liegenden Hirnabschnitte weitergeleitet werden.

Die Stirnlappen und vor allem ihre medialen Teile sind besonders reich an absteigenden Bahnen. Wenn es also so ist, daß eine vor dem Subjekt stehende Aufgabe eine erhöhte Aktivität in diesen Teilen des Gehirns auslöst, so kann dies nur unsere Hypothesen über die Teilnahme der Stirnlappen an der Regulation der Aktivierungsprozesse bestätigen.

Gerade dies konnte in den letzten Jahren von Wissenschaftlern verschiedener Länder nachgewiesen werden. Grey Walter beobachtete bei Aufgabenstellungen, die einen Erwartungszustand auslösten, die Entstehung langsamer negativer Potentiale in den Stirnlappen. Sie entstanden bei jeder aktiven Erwartung, breiteten sich auf andere Gebiete des Kortex aus und verschwanden, sobald sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des erwarteten Signals verringerte oder die Aufgabe abgesetzt wurde. Durchaus zutreffend nannte er diese Erscheinung „Erwartungswellen“. Zur gleichen Zeit beobachtete der sowjetische Forscher M. N. Liwanow (1966), der mit einer fünfzigkanaligen Ableitung arbeitete, daß bei einem normalen Menschen, dem eine komplizierte,

Anstrengungen auslösende arithmetische Aufgabe gestellt wird, in den Stirnlappen zahlreiche synchron arbeitende Punkte entstehen, die wieder verschwinden, sobald die Aufgabe gelöst ist.

Dies berechtigt mit ziemlicher Sicherheit zu der Annahme, daß die Stirnlappen bei einer komplizierten Aufgabe aktiviert werden. Die Erregung, die hierbei entsteht, breitet sich dann auf andere Bereiche des Kortex und auch auf niedrigere Gehirnabschnitte aus, wobei der Aktivitätszustand modifiziert und reguliert wird.

Wenn diese Annahme richtig ist, so muß eine Analyse von Kranken mit einer Stirnlappenschädigung deutliche Störungen in der selektiven Aktivierung ergeben, und zwar vor allem bei ihren höheren Formen (z. B. bei der Fähigkeit, eine stabile Aktivitätsverstärkung durch eine verbale Instruktion, die bestimmte Aufgabenstellungen beinhaltet, zu erreichen).

J. D. Chomskaja beschäftigte sich über mehrere Jahre hinweg mit dieser Frage. Auf einige ihrer Forschungsergebnisse wollen wir jetzt eingehen.

Bekanntlich löst jeder neue Reiz eine Reihe *vegetativer Reaktionen* aus (so z. B. Verengung der Blutgefäße der Hand bei Erweiterung der Gefäße des Kopfes, Auftreten hautgalvanischer Reaktionen u. a.). Man kann diese als vegetative Komponenten des Orientierungsreflexes bezeichnen. Diese Reaktionen bleiben eine bestimmte Zeit erhalten und verschwinden dann im Rahmen des Gewöhnungsprozesses. Sie können erneut hervorgerufen und verfestigt werden, wenn ihnen durch eine spezielle verbale Instruktion („Zähle die Signale“, „Beobachte ihre Veränderung“, „Reagiere auf ein Signal“) eine bestimmte Signalbedeutung zugeordnet wird (J. N. Sokolow, 1958, 1959; O. S. Winogradowa, 1959; Lindsley, 1960 u. a.).

Gerade dieser aktivierende Einfluß einer verbalen Instruktion, der bei einer Schädigung der hinteren Gehirnteile in der Regel erhalten bleibt, wird erheblich gestört, wenn eine Schädigung der Stirnlappen, besonders ihrer medialen Teile, vorliegt. Nicht selten ist dies sogar das einzige Symptom einer solchen Schädigung.

Analoge Ergebnisse liefern elektrophysiologische Messungen beim Orientierungsreflex.

Bekanntlich ruft ein neuer Reiz eine Depression des Alpha-Rhythmus hervor. Besonders deutlich zeigt sich das bei einer hohen Frequenz. Weiterhin ist bekannt, daß bei einer verbalen Instruktion, die dem Reiz Signalbedeutung verleiht, dieser Effekt ausgeprägter und länger auftritt. Diese Erscheinung zeigt sich auch bei Kranken mit einer Schädigung der hinteren Gehirnteile, obwohl sich das gesamte Bild des Elektroenzephalogramms wesentlich ändern kann. Sie verschwindet jedoch bei Kranken mit einer Schädigung der Stirnlappen. Bei aufmerksamer Beobachtung kann man feststellen, daß bei einem erheblichen Teil dieser Kranken die verbale Instruktion, die dem Reiz Signalbedeutung verleiht, entweder keinerlei Veränderung in dem nach einer Gewöhnungszeit wiederhergestellten Alpha-Rhythmus zeigt oder sich in erster Linie nicht auf seine hohen, sondern auf seine niedrigen Frequenzen auswirkt.

In letzter Zeit wurden wir auf einen weiteren Indikator aufmerksam, dessen Natur uns noch nicht bekannt ist, der aber eine sehr hohe Zuverlässigkeit aufweist. Nach den Beobachtungen von A. A. Genkin (1962, 1963) und später von J. D. Chomskaja und J. J. Artjomjewa (1966) kann man bei einer längeren Verlaufszeit der Alphawellen langsame Schwingungen hinsichtlich ihrer auf-

und absteigenden Tendenzen erkennen (Asymmetrie). Sie entstehen in einem Rhythmus von 5—7 sec, treten besonders deutlich bei Ruhe auf und brechen bei jeder Aktivierung ab — z. B. bei Aufgabenlösungen mit geistiger Anstrengung.

Wie die Beobachtungen ergaben, bleibt auch dieser Aktivierungsindikator bei einer Schädigung der hinteren Hirnteile erhalten, fehlt aber bei Kranken mit einer Schädigung der Stirnlappen, vor allem ihrer medialen Teile.

Hat nicht vielleicht die Tatsache, daß die auf solche Art hervorgerufene Aktivierung einen deutlich selektiven Charakter trägt, wesentlichste Bedeutung? Dies wurde durch spezielle Untersuchungen von J. D. Chomskaja und E. G. Simernizkaja (1966) mit Hilfe der Methode *evozierter Potentiale* nachgewiesen.

Bekanntlich führt die Erwartung irgendeiner Einwirkung zur selektiven Erhöhung der Potentiale im Kortex. So kommt es beispielsweise bei Erwartung von Helligkeit zur Erhöhung der Potentiale im Hinterhauptlappen, bei einer Schmerzerwartung dagegen im sensorischen Bereich. Weiterhin ist bekannt, daß die durch eine Instruktion über zu erwartende Einwirkungen hervorgerufenen Potentiale anwachsen und erhalten bleiben, selbst wenn diese Einwirkung real nicht stattfindet. Die gleiche Erscheinung zeigt sich bei Kranken mit einer Schädigung der hinteren Abschnitte des Kortex, dagegen verschwindet sie bei Kranken mit Schädigungen der Stirnlappen und besonders ihrer medialen Abschnitte.

Die von J. D. Chomskaja und ihren Mitarbeitern in unserem Laboratorium gewonnenen Ergebnisse bestätigen übereinstimmend, daß die Stirnlappen die Regulation des Aktivitätszustands tatsächlich wesentlich beeinflussen. Dieser Einfluß wird „von oben“, durch die verbale Instruktion realisiert, die dem Subjekt bestimmte Aufgaben stellt und eine aktive Anspannung seiner psychischen Prozesse hervorruft,

Daraus ist zu ersehen, daß alle diese Tatsachen mit den in der klinischen Praxis zu beobachtenden Erscheinungen der Inaktivität bei Kranken mit einer Stirnlappenläsion stark korrelieren und uns an die Mechanismen heranführen, die diesen klinischen Erscheinungen zugrunde liegen.

8

Die hier beschriebenen Störungen in der Regulation des Aktivitätszustandes bei Stirnlappenläsion haben weitgehende Auswirkungen auf die Möglichkeiten der Realisierung selektiver Formen der bewußten Tätigkeit, bei der das Verhalten Plänen und Programmen untergeordnet wird, die das Subjekt aufstellt, und Handlungen unterdrückt werden, die jenen Programmen nicht entsprechen.

All dies kann man schon recht deutlich bei einfachen Verhaltensbeobachtungen von Kranken mit einer Stirnlappenläsion und noch klarer bei einfachen Experimenten erkennen. Stellen wir einem Kranken mit einer massiven Verletzung der Stirnlappen eine einfache Aufgabe. Er soll, wenn der Arzt die Faust hebt, dies auch tun und wenn der Arzt einen Finger hebt, ebenfalls einen Finger hochheben. Die Ausführung einer solchen Aufgabe ist für den betreffen-

den Kranken nicht schwierig, da die verbale Instruktion dem anschaulichen Signal nicht widerspricht und die Handlung einen echopraktischen Charakter trägt.

Verändern wir nun die Aufgabe so, daß der Kranke auf die Faust hin den Finger hebt und bei Erheben des Fingers die Faust. In diesem Fall stimmt die verbale Instruktion nicht mit der Anschauung überein, und die Bewegung muß sich einem inneren Plan, der durch die verbale Instruktion geschaffen wurde, unterordnen. Die Ausführung dieser Aufgabe erweist sich für einen solchen Kranken unvergleichlich schwieriger, ja manchmal sogar unmöglich. Obwohl die verbale Instruktion gut behalten wird und fehlerlos wiederholt werden kann, vermag er sie höchstens ein- bis zweimal auszuführen. Dann beginnt der anschauliche Eindruck von der durch den Arzt vorgemachten Bewegung zu dominieren, und die eigene Handlung wird zu einer *echopraktischen*. Der gleiche Effekt ist zu beobachten, wenn einem Kranken aufgetragen wird, auf ein einmaliges Klopfen zweimal und auf ein zweimaliges einmal zu klopfen. Die Trennung der Bewegung vom Einfluß der regulierenden Apparate des Gehirns und die Verlagerung der auszuführenden Bewegungen auf eine niedrigere, unmittelbare Organisationsstufe zeigt sich hier in aller Deutlichkeit.

Die Unterbindung des Einflusses eines Programms auf den Ablauf von Bewegungen bei Kranken mit massiver Stirnlappenläsion kann auch eine andere Form annehmen: Statt bewußter, adäquater Bewegungsabläufe vollzieht sich eine ständige Wiederholung eines früher gebildeten *Stereotyps*.

Stellen wir einem Kranken die Aufgabe, auf ein Klopfzeichen hin die rechte und auf zwei Klopfzeichen hin die linke Hand zu heben. Ein Kranker mit einer Stirnlappenläsion (wenn er sich nicht gerade im Zustand der Akinese befindet) wird diese Aufgabe leicht ausführen können. Wenn man jedoch nach einigen regelmäßigen Aufeinanderfolgen (1—2—1—2—1—2) die Reihenfolge verändert und damit versucht, den entstandenen Stereotyp zu verändern (1—2—1—2—1—1 usw.), so wird der Kranke ohne Kontrolle die bis dahin praktizierte regelmäßige Aufeinanderfolge beider Bewegungsreaktionen fortsetzen, diesmal aber ohne den notwendigen Zusammenhang mit den gegebenen Signalen.

Das gleiche kann man bei Kranken mit einer massiven Stirnlappenläsion beobachten, wenn man ihnen die Aufgabe stellt, ein rhythmisches Bewegungsprogramm auszuführen, z. B. einmal stark und zweimal schwach zu klopfen und diese mit dem eigenen Kommando: „Stark—schwach—schwach!“ zu begleiten. Bei besonders schwer Erkrankten kann man beobachten, wie sich die pathologisch bedingte Perseveration sogar bis in die sprachliche Sphäre überträgt. Der Kranke beginnt zu sprechen: „Stark—schwach—schwach... Stark--schwach—schwach—schwach ... Stark—schwach—schwach—schwach ...“, wobei dann die Anzahl der Klopfzeichen entsprechend erhöht wird.

Treten an die Stelle der Ausführung notwendiger Programme Echopraxien oder Perseverationen, so handelt es sich um zwei Formen der Störung der bewußten Verhaltenskontrolle, wie sie für Kranke mit massiver Stirnlappenläsion typisch sind.

Der Grundtyp des Zerfalls einer bewußten Verhaltensorganisation läßt sich durch verschiedene Versuche veranschaulichen.

Bekanntlich besitzt die folgerichtige Ausführung einer Reihe einfacher Aufgaben, z. B. eine bestimmte Figur zu zeichnen, einen komplizierten Algorithm-

mus, der sich normalerweise automatisch (und darum weitgehend unbemerkt) realisiert, bei pathologischen Fällen jedoch sehr deutlich hervortritt. Die Versuchsperson, der man eine solche Aufgabe stellt, soll sich voll auf den vorgegebenen Plan konzentrieren und alle übrigen Einflüsse — Eindrücke oder Gedanken, die von der notwendigen Handlung ablenken könnten — unterdrücken. Wird eine zweite Aufgabe gegeben, soll sie zusätzlich alle Spuren unterdrücken, die als Restnachwirkung von der Ausführung der ersten Aufgabe herrühren. All dies, was normalerweise automatisch ausgeführt wird, bereitet den Kranken große Schwierigkeiten, ja ist sogar manchmal von Kranken mit einer massiven Stirnlappenläsion nicht mehr ausführbar.

Zwei Beispiele aus unseren Untersuchungen mögen diese These illustrieren. Ein Kranker mit einer großen traumatischen Zyste an den Stirnlappen soll ein Quadrat zeichnen. Er zeichnet drei kleine Quadrate und dann ein großes, das das ganze Blatt Papier ausfüllt. In diesem Augenblick macht der Versuchsleiter flüsternd die Bemerkung: „Hörten Sie schon, daß heute der Vertragsabschluß bekanntgegeben wurde?“ Der Kranke, der diese Bemerkung hört, schreibt sogleich: „Akte Nr ...“

Jetzt wendet sich der Versuchsleiter an den Arzt und fragt leise: „Wie heißt der Patient?“ Und der Kranke reagiert auf die Frage und schreibt „Jermolin“. „Wie ähneln doch diese Ergebnisse denen aus Untersuchungen an Tieren“, spricht flüsternd der Versuchsleiter. Und nun ergänzt der Kranke das kurz zuvor geschriebene Wort „Akte“ zu „Akte über Viehzucht“. Wohl kaum ein anderes Beispiel kann besser veranschaulichen, wie äußere Eindrücke ohne jegliche Kontrolle und Auswahl in die aktuelle Handlung eindringen und deren Verlauf bestimmen.

Analoge Reaktionen stellten wir bei einem anderen Kranken fest, der einen großen Tumor am linken Stirnlappen hatte. „Zeichnen Sie ein Dreieck“, fordert ihn der Versuchsleiter auf. Der Kranke tut dies und zeichnet zwei Dreiecke. „Zeichnen Sie ein Minuszeichen!“ Der Kranke zeichnet es, behält jedoch die Form einer geschlossenen Figur bei. „Zeichnen Sie einen Kreis“, spricht der Versuchsleiter. Der Kranke zeichnet einen Kreis, und zwar um das eben gezeichnete Dreieck. „Zeichnen Sie nur einen Kreis“, fordert ihn der Versuchsleiter auf. Der Kranke wiederholt die gleiche Figur und schreibt unter die Zeichnung: „Einfahrt verboten!“ Die Ausführung der Aufgabe verflocht sich mit der unkontrolliert auftauchenden Erfahrung des Kraftfahrers.

Eine ausführliche Analyse solcher Ergebnisse veröffentlichten wir bereits in einer Reihe von Büchern (A. R. Lurija, 1962, 1963, 1969; A. R. Lurija und J. D. Chomskaja, 1966). Darum wollen wir hier nicht näher darauf eingehen.

Sie alle bestätigen voll und ganz die Annahme, daß eine Schädigung der Stirnlappen jene Formen der Ausführung einfacher verbal gestellter Aufgaben zerstört, die sich beim Kind bereits im Alter von vier bis viereinhalb Jahren herauszubilden beginnen.

Bisher betrachteten wir den Handlungszerfall bei der Ausführung fertiger Programme von Kranken mit erheblicher Hirnschädigung. Viel stärker ausgeprägt zeigt sich die Störung natürlich dann, wenn die Kranken selbst die

Programme finden und hierfür aus mehreren möglichen Alternativen die adäquaten Wege auswählen sollen.

Als Beispiel wollen wir Experimente heranziehen, die von J. N. Sokolow (1955) und von L. Aran (1961) durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um die Analyse einer perzeptiven Handlung, bei der es notwendig ist, ein Merkmal zu finden, das Träger der maximalen Information ist. Aus einzelnen Spielkarten werden zwei Buchstaben gelegt: E und N oder N und F. Die Versuchsperson soll bei geschlossenen Augen durch Tasten feststellen, welcher Buchstabe sich vor ihr befindet. Eine normale Versuchsperson betastet zunächst alle Karten. Dann beginnt sie jedoch diese Handlung zu verkürzen und sucht nur ein Detail heraus, das die entscheidende Information für das Erkennen des jeweiligen Buchstaben beinhaltet.

Bei Kranken mit massiver Stirnlappenläsion geschieht nichts dergleichen (O. K. Tichomirow, 1966). Diese Kranken betasten alle Karten und bemühen sich um keinerlei vorausgehende Orientierung in der Aufgabe. Sie sondern nicht jene Stellen heraus, die die meiste Information beinhalten; sie schränken nicht jene Handlung ein, die bei normalen Menschen den Charakter einer vorläufigen Orientierung hat. Sie „raten“ vielmehr, welcher Buchstabe wohl vor ihnen liegt.

Diese Tatsachen lassen erkennen, daß *bei Kranken mit massiver Stirnlappenläsion die Orientierungsphase einer Handlung in der Regel völlig fehlt* und daß sich folglich die gesamte Struktur ihres Verhaltens radikal ändert.

Die Besonderheiten, die für Kranke mit Stirnlappenläsion typisch sind, treten besonders deutlich in Versuchen hervor, in denen Bilder mit einem komplizierten Sujet betrachtet werden.

Legen wir einer Versuchsperson z. B. jenes bekannte Bild von Repin vor, das die unverhoffte Rückkehr eines viele Jahre im zaristischen Gefängnis Eingekerkerten darstellt. Wir befestigen an der Sklera der Versuchsperson einen kleinen Spiegel, der sich mit dem Auge bewegt und den auftreffenden Lichtstrahl auf ein lichtempfindliches Papier zurückwirft (Methode von A. L. Jarbus, 1966, 1967). Dann stellen wir der Versuchsperson verschiedene Fragen: „Wie alt sind die Familienangehörigen des Eingekerkerten?“ „Wie sind sie gekleidet?“ „Sind sie arm oder reich?“ „Wieviel Jahre verbrachte der Mann im Gefängnis?“ Die Registrierung der Augenbewegungen bei der Bildbetrachtung zeigt, welcher komplizierten Charakter die Phase der vorausgehenden Orientierung über den Bildinhalt aufweist und wie sich Richtung und Struktur dieser Orientierung in Abhängigkeit von den gestellten Aufgaben verändern.

Bei Kranken mit einer massiven Stirnlappenläsion dagegen ist in diesem Experiment keinerlei vorausgehende Orientierung im Bild zu verzeichnen. Die Augenbewegungen tragen einen chaotischen, manchmal stereotypen Charakter, und eine Veränderung der Aufgabe hat in keiner Weise Einfluß auf die Struktur der Augenbewegungen. Man kann mit Sicherheit behaupten, daß die Phase der vorausgehenden Orientierung im Bildinhalt hier vollkommen fehlt und daß es sich bei den Antworten eher um zufälliges Erraten oder stereotype Assoziationen handelt als um wirkliche Lösungen der Aufgaben. Auch hier verläuft die Handlung des Subjekts auf einer sehr elementaren Stufe. Die regulierenden Bereiche des zentralen Nervenapparates lenken nicht mehr das Verhalten des Subjekts.

Daher ist es nicht erstaunlich, daß auch andere, kompliziertere Formen der

intellektuellen Tätigkeit - die konstruktiven Prozesse, das Verständnis eines komplizierten Textes, Aufgabenlösungen — bei Kranken mit massiver Stirnlappenläsion erheblich beeinträchtigt sind. Der Zerfall und Abbau dieser Tätigkeitsformen ist keine Folge der Störung der formallogischen Operationen, sondern erklärt sich daraus, daß die Codierung der eintreffenden Information in komplizierte Systeme fehlt und die Regulationsfunktion höherer Gehirnabschnitte ausgeschaltet ist. Wir haben zu diesem Thema eine Reihe spezieller Arbeiten veröffentlicht (A. R. Lurija und J. D. Chomskaja, 1966; A.R.Lurija und L. S. Zwetkowa, 1967 u. a.), so daß ich mir hier weitere Ausführungen sparen kann.

10

Zum Abschluß meines Berichts über unsere Forschungen zum Problem der bewußten Handlung, ihrer Entstehung und ihrer Hirnorganisation möchte ich nur einige sehr allgemeine Schlußfolgerungen ziehen.

Wir sind völlig damit einverstanden, daß die Hauptfunktion der höchsten Abschnitte des Nervensystems des Menschen, welche die von mir erwähnten Autoren mit dem Terminus „Conceptual Nervous System“ bezeichnen, tatsächlich in der Schaffung eines Systems von inneren Codes besteht, welche die von der Außenwelt auf den Menschen einwirkenden Eindrücke verallgemeinern. Diese Codes ermöglichen es dem Menschen, von einmaligen und zufälligen Einflüssen und Ereignissen zu abstrahieren und sein Verhalten den interiorisierten Plänen und Verhaltensprogrammen unterzuordnen. Damit wird das Gehirn des Menschen zum „Organ der Freiheit“.

Wir wissen, daß sich diese das Verhalten kontrollierende Funktion des Gehirns mit der regulierenden Rolle der Sprache herausbildet und daß die Wurzel des höchsten „willkürlichen“ Verhaltens in jenen historisch entstandenen gesellschaftlichen Existenzformen des Menschen zu suchen ist, zu deren mächtigstem Mittel die Sprache gehört.

Wir wissen schließlich auch, daß eine der wesentlichsten Gehirnparten, die die Regulierungsfunktion, der höchsten Bereiche des Nervensystems gewährleisten, die Stirnlappen sind. Diese besitzen enge Verbindungen zu dem sich darunter befindenden Stammhirn, und zu ihren Funktionen gehört es, die für die Aufstellung der internen Verhaltens- und Handlungsprogramme wesentlichen Signale auszusondern und zugleich die nebensächlichen Verbindungen, die ihre Realisierung verhindern, zu hemmen.

Und trotzdem müssen wir nach 40jähriger Arbeit bekennen, daß wir uns noch auf den allerersten Etappen unseres Weges befinden und daß die ungelösten Aufgaben weitaus umfangreicher sind als das, was uns klar zu werden beginnt.

Wir wissen noch nicht, welche psychophysiologischen Mechanismen die Regulierungsfunktion der Stirnlappen, garantieren. Uns ist im einzelnen noch nicht bekannt, welche Rolle für die Tätigkeit der Stirnlappen der Sprache zukommt, die bei der Verhaltensregulation zunächst exteriorisiert wurde und später die Form der verkürzten inneren Sprache annahm. Wir haben noch sehr unzureichende Vorstellungen über die komplizierte Struktur der Stirnlappen, deren verschiedenartige Teile zweifelsohne verschiedene Funktionen ausüben. Sehr wenig wissen wir auch über den Platz, den die Stirnlappen im „Hirnhaushalt“

einnehmen, und welche Wege eine Erregung durchläuft, ehe sie zu einem realen Programm unserer bewußten Handlungen wird.

Alle diese offenen Fragen bleiben noch Untersuchungsobjekt von Generationen. Wenn wir unseren gegenwärtigen Wissensstand einschätzen, so können wir die künftigen Forscher nur beglückwünschen, denen es gelingen wird, die von unserer Generation begonnenen Arbeiten zu Ende zu führen.