

A.N. Leont'ev

Die psychologische Untersuchung der Bewegung nach einer Verletzung des Armes¹

1.

Die Psyche „offenbart“ sich nicht einfach in der Bewegung; in bestimmtem Sinne formt die Bewegung die Psyche. Führt doch gerade die Bewegung unmittelbar jene praktische Verbindung des Menschen mit der umgebenden gegenständlichen Welt aus, die der Entwicklung seiner psychischen Prozesse zugrunde liegt.

Die Bewegung, die den Menschen mit der gegenständlichen Welt verbindet, bereichert deren sinnliche Widerspiegelung durch den Menschen. Die Bewegung fügt sich dabei den sie leitenden Empfindungen, sie hängt von ihnen ab. Aber dazu müssen sich die Empfindungen dem Gegenstand fügen, sie werden vom Gegenstand kontrolliert, und dies geschieht in der praktischen Annäherung an ihn vermittels der Bewegung.

Deshalb hat die Untersuchung der Bewegung für die Psychologie eine erstrangige und prinzipielle Bedeutung. Von besonderem Interesse sind die Bewegungen des *Armes*, dieses wichtigsten Organs der gegenständlichen menschlichen Handlungen.

Vor dem Erforscher der Bewegung eröffnen sich verschiedene Wege. Einer von ihnen ist der Weg der Untersuchung des Prozesses der *Wiederherstellung der Bewegung* nach traumatischen Beschädigungen des Knochen-Gelenk-Muskelapparates des Armes, die zu seiner anatomischen Umstrukturierung führen, im Ergebnis derer der Mensch lernen muß, mit diesem jetzt veränderten Organ zu handeln und dessen neue anatomische Möglichkeiten zu nutzen.

Während des Krieges wurde in den Laboratorien des Lehrstuhls für Psychologie der MGU und des Instituts für Psychologie, die ihre Arbeit zunächst auf der Basis eines der Transportlazarette und später des Zentralen Instituts für Traumatologie und Orthopädie des Volkskommissariats für Gesundheitswesen der UdSSR (Direktor Professor N. N. Priorov) entwickelten, ein ganzer Zyklus von experimentellen und klinischen Untersuchungen der Wiederherstellung von durch eine Verletzung des Armes gestörten Bewegungen durchgeführt. Diese Forschungen, die das Problem einer funktionalen Wiederherstellungstherapie der Verwundeten mit dem Ziel einer möglichst schnellen und vollständigen Wiederherstellung ihrer Kampf- und Arbeitsfähigkeit bearbeiten sollten, sind Gegenstand besonderer Veröffentlichung. In dem vorliegenden Beitrag legen wir lediglich einige experimentelle Befunde dieser Forschungen dar, die von psychologischem Interesse sind.

2.

Unter Klinikern ist eine Erscheinung geläufig, die darin besteht, daß sich die Effektivität der Bewegung eines beschädigten Armes nicht selten in Abhängigkeit davon verändert, welche Handlung von dem Verletzten ausgeführt wird. So können sich z.B. die Finger der Hand eines Verletzten bei einer einfachen Überprüfung der aktiven Bewegung beim Ballen der Finger zur

¹ In: Bewegung und Tätigkeit. Sammelband von Untersuchungen des Lehrstuhls für Psychologie unter der Redaktion von S. L. Rubinstejn. Ucenye zapiski MGU, Nr. 90. Psychologija, Moskau 1945, S. 91 – 100
Übersetzung von Jochen August. Für den Druck vorbereitet von Georg Rückriem

Faust nicht mehr als 1,5 bis 2 cm nähern, während derselbe Verletzte mit seinen Fingern einen Gegenstand von erheblich geringerem Durchmesser – etwa einen Bleistift oder eine Zigarette – greifen und halten kann. In ihren experimentellen Daten wurde diese Erscheinung des veränderten Umfangs in der Beweglichkeit der beschädigten Glieder des Armes in Abhängigkeit von der realisierten Aufgabe erstmals von P.Ja. Gal'perin veröffentlicht.² Eine weitere Untersuchung von P.Ja. Gal'perin und T.O. Ginevskaja³ gestattet es, an eine detailliertere Analyse dieser Erscheinung zu gehen.

Im Verlauf des Versuchs sollten die Versuchspersonen, bei denen der Umfang der Bewegung des Ober- oder Unterarmes stark eingeschränkt war (hauptsächlich infolge von durch Verletzung des Armes entstandenen mio-genen, insbesondere immobilisierenden Kontraktionen), bestimmte Bewegungen vollziehen. Wenn die Begrenzung des Bewegungsumfangs im Ellbogengelenk lag, wurde von der Versuchsperson verlangt, bei unbeweglich geneigter Schulter den Unterarm zu beugen; wenn die Beschränkung der Bewegung im Schultergelenk lag, wurde gefordert, die Schulter nach vorne und oben zu führen, ohne den Unterarm hochzuheben, der fixiert wurde. Die *Aufgabe* selbst, der diese Bewegungen entsprachen, wurde variiert. Den Versuchspersonen wurde die Aufgabe gestellt, den Arm entweder mit geschlossenen Augen so hoch wie möglich zu heben oder dies zu tun, ohne die Augen zu schließen. Weiter sollten sie den Arm bis zu einer auf einem Anzeigeschirm (der in diesen Versuchen als Kinematometer diente) markierten Ziffer hoch heben oder mit dem untersuchten Arm einen hoch gelegenen Gegenstand greifen. Alle aufgezählten Varianten forderten gleichermaßen von den Versuchspersonen Bewegungen von einem für sie extremen Umfang, andererseits wurde jede Bewegung von ihnen unter den Bedingungen verschiedener Aufgaben ausgeführt.

Wie die Meßdaten dieser Versuche zeigen, ist der von einer Versuchsperson z. B. in der ersten der oben beschriebenen Aufgaben maximal erreichte Umfang der Bewegung für sie unter den Bedingungen der zweiten Aufgabe jedoch durchaus nicht extrem und sie kann ihn leicht überschreiten, wobei sie eine beträchtliche Vergrößerung des Meßwerts des Umfangs erreicht.

Wovon zeugt diese fundamentale Tatsache? Erstens davon, daß die Bewegungsmöglichkeiten des beschädigten Armes nicht unmittelbar von seinem anatomischen Zustand bestimmt werden, sondern von rein funktionalen Komplikationen abhängen, die aus der erlittenen Verletzung folgen und die mal in größerem mal in geringerem Maße auftreten. Zweitens zeugt diese Tatsache davon, daß sich die tatsächlichen funktionalen Möglichkeiten des beschädigten Armes in Abhängigkeit vom Charakter der Aufgabe verändern.

Auf welche Weise kann eine Aufgabe die Funktion bestimmen? Die weitere Analyse zeigt, daß dies deshalb möglich ist, weil verschiedene Aufgaben auch verschiedene „Mechanismen“ der Bewegung erfordern und daß, anders gesagt, eine äußerlich gleiche Bewegung unter den Bedingungen verschiedener Aufgaben unterschiedlich vollzogen wird. Indem wir die Aufgabe ändern, verändern wir gleichzeitig die Bedingungen der *Afferentation* der Bewegung, die Bedingungen ihrer sensorischen Steuerung. So kann z.B. eine Bewegung, die als Reaktion auf die Forderung, den Arm mit geschlossenen Augen möglichst hoch zu heben, ausgeführt wird, nur propriozeptiv gesteuert werden, d.h. mit ununterbrochen eintreffenden sensorischen Signalen der Muskeln, Sehnen, Gelenke und der Haut des handelnden Arms; jedoch erfordert

² Gal'perin, P. Ja., Psychologische Faktoren des therapeutischen Sports, in: Sammelband des ukrainischen Psychoneurologischen Instituts, Char'kov 1943 (russ.)

³ Gal'perin, P. Ja. und T. O. Ginevskaja, Die Effektivität der Bewegung bei verschiedenen Aufgabentypen, in: Sammelband der Konferenz über Probleme der Wiederherstellung (russ.)

eine ihrer äußeren Form nach gleiche, aber auf das Erreichen eines bestimmten Punktes im Raum gerichtete Bewegung für ihre Ausführung die Kontrolle durch das Sehen, das auf diese Weise ebenfalls notwendig an der Koordination der Bewegung, ihrer Steuerung, teilnehmen muß. Folglich verbirgt sich hinter der Abhängigkeit der Bewegung des beschädigten Arms vom Charakter der Aufgabe ihre Abhängigkeit vom Typ der Afferentation, deren Veränderung auch den Ablauf des ganzen Prozesses ändert.

Die Befunde zeigen weiter, daß eine sich unter visueller Kontrolle vollziehende Bewegung des verletzten Armes eine erhebliche Erweiterung des Bewegungsumfanges im Vergleich mit der gleichen Bewegung erbringt, die ausschließlich propriozeptiv gesteuert wird, daß andererseits Bewegungen, die kompliziertere sensorische Synthesen erfordern und von dem wahrgenommenen Gegenstand gesteuert werden (wie z.B. bei der Aufgabe, einen Gegenstand zu nehmen und zu erreichen oder mit einem Gegenstand zu handeln usw.) einen höheren Grenzbereich erreichen, als solche Bewegungen, die die visuelle Kontrolle lediglich für das Verschieben des Armes in Anspruch nehmen.

Die einfachste Erklärung für diese Abhängigkeit der gelingenden Bewegung des beschädigten Armes vom Typ der Afferentation des gegebenen Bewegungsaktes ist die folgende:

Eine Verletzung des Armes hat gewöhnlich eine beträchtliche anatomische Reorganisation, die Bildung tiefer Haut- und Muskelnarben, das nicht vollständig richtige Zusammenwachsen der Knochen sowie Veränderungen der Gelenke zur Folge. Letztlich wird auch das propriozeptive Feld des traumatisierten Armes verändert, gewissermaßen verzerrt; die vom Arm ausgehenden sensorischen Signale werden zu anderen, als sie vorher normalerweise waren: Dabei werden sie durch eine ganze Skala neuer nocizeptiver Empfindungen erweitert wie schmerzhaft und präschmerzhaft Empfindungen, Empfindungen des „Zusammengezogen-seins“ und ähnliche. Deshalb geraten die in früheren Bewegungserfahrungen erworbenen Koordinationen durcheinander, und es fehlt ihnen wegen der fortgesetzten Unbeweglichkeit der beschädigten Glieder des Armes in der ersten Zeit die Möglichkeit einer irgendwie gearteten Wiederherstellung, was für ihr späteres Wiedereingangbringen selbstverständlich ebenfalls nicht gleichgültig ist. All dies führt dazu, daß der erstmals nach einer Verletzung zu funktionieren beginnende Arm seine normale Steuerung verliert und anfänglich „ungeschickt“, „fremd“ wird, besonders wenn seine Bewegung sich ausschließlich auf Propriozeption stützt. Gerade deshalb erhöht der Übergang von propriozeptiv gesteuerten Bewegungen zu solchen Bewegungen, in denen die erhalten gebliebenen unveränderlichen visuellen sensorischen Synthesen eine immer wichtigere Rolle spielen, ihre Steuerung und folglich auch ihre Effektivität, ihre Übereinstimmung mit den Anforderungen der Aufgabe.

Daß es hier vor allem um die veränderte Afferentation geht, folgt nicht nur aus theoretischen Erwägungen, sondern ergibt sich auch aus Experimenten mit normalen Versuchspersonen, die zeigen, daß eine nicht lange (über einen Zeitraum von vier Stunden) andauernde experimentelle Immobilisierung des *gesunden* Armes die die propriozeptiven Empfindungen hinlänglich stark stört, zeitweise eine deutliche Diskordanz der Bewegungen hervorruft (V. S. Merlin).

Andererseits stimmt die Erklärung für die Ungleichheit des Einflusses propriozeptiver Veränderungen auf verschiedene Bewegungen gut damit überein, daß – wie dies von N. A. Bernstein⁴ nachgewiesen wurde – die Koordination von Bewegungen, die verschiedenen Aufgaben entsprechen, ebenfalls auf neurologisch verschiedenen „Ebenen des Aufbaus“ ausgeführt

⁴ Bernstein, N. A., Die Biodynamik der Lokomotion. Untersuchungen zur Biodynamik. Moskau 1940 (russ.). Ders., Zur Frage der Natur und der Dynamik der Koordinationsfunktion. Gelehrte Blätter des Lehrstuhls für Psychologie der MGU, 1945. Vgl. vorliegenden Sammelband

wird, die auf verschiedene Weise mit der Propriozeption verbunden sind. Deshalb müssen z.B. die auf der thalamo-pallidaren⁵ Ebene koordinierten Bewegungen propriozeptiv wahrscheinlich par excellence erheblich mehr leiden als die auf höheren kortikalen Ebenen koordinierten Bewegungen. Zwar sind diese Beziehungen in den betrachteten Fällen komplizierter, da alle von uns untersuchten Bewegungen gleich willkürlich, zielgerichtet und bewußt sind. Sie sind folglich auch in gleichem Maße kortikal ihrer sozusagen „obersten“ Steuerung nach, der Bestimmung des geforderten Ergebnisses und seinem Ingangsetzen nach. Dabei ist dies anfangs charakteristisch für überhaupt jede wiederherstellende Bewegung, da jede beliebige Bewegung, deren Ausführung wir von dem Verletzten forderten, von ihm zuerst in der Form eines willkürlichen Bewegungsaktes ausgeführt wird, in der Folge dann auf die für ihn gewohnte Steuerung übergeht und schließlich vollständig automatisiert werden kann. Im Weiteren werden wir auf diese Frage noch zurückkommen müssen.

Die Untersuchung zeigte weiter, daß zwischen der Bewegungsaufgabe, wie sie objektiv auftritt, und der Frage, wie die entsprechende Bewegung der Versuchsperson tatsächlich aufgebaut wird, keine direkte, eindeutige Abhängigkeit besteht. Die Bewegung der Versuchsperson kann unter den Bedingungen ein- und derselben Aufgabe psychologisch unterschiedliche Handlungen ausführen. So kann z.B. das Ziel einer gegebenen Handlung für die Versuchsperson darin bestehen, einen ihr dargebotenen Gegenstand zu erreichen, aber es kann auch darin bestehen zu überprüfen, ob sie diese Handlung mit dem verletzten Arm überhaupt ausführen kann.

Es erwies sich auch, daß die Frage, wie sich eine gegebene Aufgabe für die Versuchsperson darstellt, von deren allgemeiner Orientierung abhängt, die sich auch im Charakter der Bewegungen selbst zeigt – ein Umstand, der vor weiteren Untersuchungen eine zweite große Frage aufwarf.

Wir standen daher vor einem doppelten Problem; Die Natur der funktionalen Begrenzungen der Bewegungsmöglichkeiten erstens im Zusammenhang mit der Veränderung der eigentlichen Afferentation der Bewegung und zweitens im Zusammenhang mit der Veränderung der sogenannten Orientierungen, der Bereitschaft, mit dem verletzten Arm zu handeln, zu untersuchen.

3.

In Bezug auf das Problem der Afferentation der Bewegung nach einer erlittenen Verletzung des Armes war vor allem die Tatsache der Desorganisation der Bewegungssteuerung und ihrer Koordination experimentell zu überprüfen und zu präzisieren. Dieser Aufgabe waren die Forschung von A. G. Komm⁶ und V. S. Merlin⁷ gewidmet.

Die erste dieser Untersuchungen, die in vielen Versuchsserien den Prozeß der simultanen Koordination nach dem Typ ihrer Afferentation unterschiedlicher Bewegungen erforschte, erlaubt es, für experimentell bestätigt zu erklären, daß die Beschädigung des Knochen-Muskel-Apparates des Arms anfänglich unausweichlich zur Diskordanz der Bewegungen führt, die bei sorgfältiger Untersuchung mit besonderen Methoden immer diagnostiziert werden kann.

⁵ [Das Pallidum bildet zusammen mit dem Putamen den Linsenkern im Großhirn, der u.a. die Muskelspannung regelt. Vgl. Brockhaus Bd. 14, Wiesbaden 1970, S. 149.]

⁶ Komm, A. G., Eine Untersuchung der Koordination nach einer Verletzung der Extremität, Manuskript, (russ.)

⁷ Merlin, V. S., Die Dynamik der koordinierten Störungen, Manuskript (russ.)

Dabei zeigt sich die Diskordanz der Bewegung umso deutlicher, je größer die Rolle ist, die bei ihrer Ausführung die propriozeptive Sensibilität spielt. So wird z. B. die Aufgabe, das enge Muster eines „Labyrinths“ mit einem Bleistift nachzuziehen, ohne seine Linien zu berühren, von einem beschädigten Arm voll befriedigend ausgeführt. Wenn man jedoch mittels eines langen Fadens, der über den Rand des Tisches geworfen wurde, ein kleines Gewicht an den Bleistift hängt, das diesen zur Seite zieht, und auf diese Weise die Notwendigkeit einer zusätzlichen propriozeptiven Korrektur der gegebenen Bewegung einführt (zur Berücksichtigung der Kraft der Last, die den Bleistift in Teilen seines zurückgelegten Weges in die Richtung seiner Bewegung und in anderen Teilen in die entgegengesetzte Richtung oder zur Seite hin zieht), so zeigt sich die Diskordanz sehr deutlich. Die gleiche Beobachtung ergibt sich beim Drücken auf eine pneumatische Kapsel: Bei visueller Kontrolle unterscheidet sich die Kurve des Druckes, der von dem verletzten Arm ausgeübt wird, äußerlich durch nichts von der Kurve eines gesunden Armes; wenn man die visuelle Kontrolle ausschaltet, nimmt die Kurve des beschädigten Armes eine charakteristische Gezacktheit an und zeigt viele Gipfel, was direkt auf den defekten Charakter der Koordination hinweist. Auf diese Weise bestätigt sich, daß der Koordinationsgrad der Bewegung eines beschädigten Armes direkt von der ausgeführten Aufgabe abhängt.

Diese Schlußfolgerung ergab sich auch aus der von V. S. Merlin durchgeführten Untersuchung der sukzessiven Koordination der Bewegung. Zugleich gelang es in dieser Untersuchung festzustellen, daß bei einer Wiederholung der Bewegungen ihre sich ansonsten allmählich ausgleichende Diskordanz jedoch vergrößern kann, wenn die der gegebenen Bewegung vorausgehenden Bewegungen in Umfängen vollzogen wurden, die ihren extremen Ausmaßen nahe kamen. Folglich wird der Grad der Koordiniertheit nicht nur durch den direkten Einfluß der afferentativen Bedingungen bestimmt, die durch die gegebene Aufgabe geschaffen wurden, sondern hängt auch von den funktionalen Zuständen ab, die reaktiv, in Antwort auf die vorhergehenden Reizungen hervorgerufen werden.

Schließlich besteht eine in dieser Untersuchung festgestellte, sehr wichtige Tatsache darin, daß beim Vergleich von Bewegungen vom Typ freier gymnastischer Bewegungen mit analogen Bewegungen des *Ergreifens* einer fallenden Stange die Koordinationswerte der Bewegung um ein Vielfaches anwachsen. Haben wir es in diesem Fall mit dem Einfluß des Übergangs zur visuellen „gegenständlichen“ Afferentation, zu einer höheren „Ebene des Aufbaus“ der Bewegung zu tun? Offensichtlich ist dies nicht so, weil die Bewegungen des „Ergreifens“ psychologisch erheblich einfacher sind als die freien gymnastischen Bewegungen, obwohl auch sie ohne direkte Beteiligung des Sehens, das lokalisiert mit neurologisch höheren Instanzen verbunden ist, aber dafür willkürlich unter der Kontrolle des Bewußtseins ausgeführt werden.

Die aus der zitierten Untersuchung hervorgehende Schlußfolgerung, daß einer funktionalen Beschränkung der Bewegungen nach einem Trauma der Extremität eine Koordinationsstörung zugrunde liegt, findet ihre Bestätigung auch in der Untersuchung des Verlaufs des Wiederherstellungsprozesses (A.V. Zaporozec und Ja.Z. Neverovic⁸). Es zeigte sich, daß die allgemeine Gesetzmäßigkeit hier darin besteht, daß zuerst gerade die Koordination der Bewegungen wieder in Gang kommt, und daß erst dann allmählich ihre Kraft und ihr Umfang anwachsen.

⁸ Zaporozec, A. V. und Ja. Z. Neverovic, Die Dynamik der Wiederherstellung der motorischen Funktionen des Armes. Manuskript (russ.)

Zur weiteren Aufdeckung des inneren Mechanismus jener funktionalen Komplizierungen, die die Verschiebung der propriozeptiven Sensibilität in die willkürliche Bewegung einbringt, gingen wir zur Untersuchung komplizierterer Fälle der anatomischen Veränderung des Armes über, die durch die Operation nach Krukenberg⁹ geschaffen wurden.

Diese Operation besteht darin, daß beim Verlust der Hand aus dem Unterarm ein neues zweifingriges Organ gebildet wird, das wie eine Krebschere arbeitet. Dafür wird der Unterarm in Längsrichtung aufgeschnitten, ein Teil der Muskeln entfernt und ein Teil der Muskeln umgenäht. Im Ergebnis erwerben der musculus subinator und der musculus extensor carpi radialis mit einem Teil des musculus extensor digitalis comm. Die Funktion des Abwendens des radialen „Fingers“, und der musculus flexor carpi radialis mit dem radialen Teil des musculus flexor digitalis comm. Die Funktion des Hinführens; die Funktion des Abwendens des ulnaren „Fingers“ übernehmen der musculus extensor carpi ulnaris mit einem Teil des musculus extensor digitalis comm. Und die Funktion des Hinführens der musculus flexor carpi ulnaris und der ulnare Teil des musculus flexor digitalis comm.; der für das Bedecken der „Finger“ nicht genügende Teil der Haut wird transplantiert (N. N. Priorov¹⁰). Auf diese Weise erhält der Verletzte nach dieser Operation ein seinem Wesen nach völlig neues Organ, dessen Bewegung er sich aneignen muß.

Es muß von Anfang an festgehalten werden, daß die jetzt möglichen Bewegungen des Abwendens und Zuwendens der Speiche und der Elle des Unterarms sich verhältnismäßig schnell herauszubilden beginnen, ungeachtet der völligen Unmöglichkeit, dafür auf irgendwelche früheren Koordinationsfähigkeiten zurückgreifen zu können, die jetzt im Gegenteil die Bewegung ohnehin nur stören würden.

Die Untersuchung von Verletzten nach einer Krukenberg-Operation wurde gemeinsam mit T. O. Ginevskaja durchgeführt. Die Aufgabe bestand darin, den Zustand der „verborgenen“ Sensibilität der rekonstruierten Extremitäten zu untersuchen.

Die Untersuchung ergab, daß die Verletzten bei dem ihnen abverlangten Versuch, mit Hilfe der Krukenberg-Hände die Schwere von Gewichten zu vergleichen, vollständig befriedigende Resultate erzielten. Dies bedeutet: Sogar die vollständige Rekonstruktion des Feldes der propriozeptiven Sensibilität führt nicht zu einer sensorischen Desorientierung bzw., genauer gesagt, diese Orientierung kommt überaus schnell wieder in Gang.

Verwenden wir jetzt eine andere, von T. O., Ginevskaja vorgeschlagene Methode. Dafür bitten wir einen Verletzten, die Schwere zweier Gewichte zu vergleichen, die zwar gleich schwer sind, sich aber ihrem Umfang nach stark unterscheiden.¹¹ Normalerweise tritt dabei eine sehr starke Illusion auf (die sogenannte Charpentier-Illusion): Das kleinere Gewicht scheint beträchtlich schwerer zu sein. Dies bei offenen Augen. Bei geschlossenen Augen verschwindet diese Illusion begreiflicherweise und die Gewichte scheinen die gleiche Schwere zu haben. Ein vollkommen anderes Bild erbringen unsere Versuchspersonen: Bei geöffneten

⁹ [Hermann Krukenberg, Chirurg und Orthopäde, geb. in Calbe (Saale) am 21. 6. 1863, gest. in Wernigerode am 2.10.1935, war 1899 – 1907 Direktor des Städtischen Krankenhauses Liegnitz. K. bereicherte die maschinelle Gymnastik um eine Anzahl von Apparaten zur Heilung von Körperdeformitäten. 1917 gab er ein Verfahren zur Versorgung von Armstümpfen an, den *Krukenberg-Arm* (Bildung einer aktiv bewegbaren, mit normal sensibler Haut versehenen Gabel aus Elle und Speiche). Brockhaus Bd. 10, Wiesbaden 1970, S. 699.]

¹⁰ Priorov, N. N., Die Wiederherstellung der Funktion der oberen Extremität nach einer Amputation, in: Orthopädie und Traumatologie, 1935, Nr. 6.

¹¹ Wie auch im ersten Fall benutzen wir dabei die „passive“ Methode, d.h. der Experimentator hängt die an dem Gewicht befestigte Schlinge selbst an das distale Ende des ulnaren Fingers der Versuchsperson.

Augen tritt bei ihnen eine *umgekehrte* Illusion auf oder die Illusion tritt überhaupt nicht auf oder, wie wir zwar nur in einzelnen Fällen beobachtet haben, es tritt eine direkte, *aber verdoppelte* Illusion auf.¹² Anders gesagt, bei diesen Verletzten zeigt sich das Demor-Symptom, das bei Fällen einer tiefen Unterentwicklung der Rinde beschrieben wurde. Es ist zu bemerken, daß dieses Symptom bei Verletzten mit einer Krukenberg-Hand lange Zeit hindurch erhalten bleibt, allem Anschein nach bis zum Moment der vollständigen Beherrschung der Bewegungen.

Dies zeugt davon – wie wir meinen – , daß den funktionalen Erschwernissen die im Zusammenhang mit der anatomischen Umstrukturierung der Extremität entstehen, nicht der Zerfall der unmittelbar propriozeptiv-motorischen Koordinationen zugrunde liegt, die, wie das bei verhältnismäßig niedrig organisierten Tieren beobachtet wird, sich fast augenblicklich neu bilden,¹³ und fast überhaupt keine sensorischen Verbindungen, die sich auch beim Menschen überaus schnell umstrukturieren,¹⁴ sondern der Zerfall der höheren *intersensorischen* Integrationen: die Integrationen der propriozeptiv-kinästhetischen Synthesen und der visuell-räumlichen Synthesen, deren zentralen Mechanismus man üblicherweise in der Scheitelrinde lokalisiert.

Die Abhängigkeit dieses Zerfalls von der Umstrukturierung des sensorischen Feldes der Extremität geht daraus hervor, daß wir bei der Untersuchung des Stumpfes des anderen Armes der Versuchsperson, der seine normalen motorischen Möglichkeiten verloren hatte, aber noch nicht wieder der Rekonstruktion unterlag, das Demor-Symptom niemals beobachtet haben.

Um das in diesen Versuchen sich abzeichnende Bild der Veränderungen zu überprüfen, führten wir noch eine Serie von Experimenten nach der von L. A. Sifman¹⁵ für die Untersuchung der taktilen Wahrnehmung bei normalen Versuchspersonen durch. Wir stellten unseren Versuchspersonen die Aufgabe, durch Abtasten mit Hilfe der rekonstruierten Extremität (natürlich mit geschlossenen Augen) einfachste, dreidimensionale geometrische Formen und einfachste Gebrauchsgegenstände zu erkennen. Die Versuche stellten bei unseren Versuchspersonen deutliche Erscheinungen einer eigenartigen peripheren taktilen Agnosie fest (eine sogenannte „Asteriognosie“¹⁶). Die Versuchspersonen konstatieren einzelne taktil-motorische Empfindungen, sie stellen Mutmaßungen an, aber es entsteht bei ihnen auf der Grundlage dieser Empfindungen, die von den Extremitäten ausgehen, kein *Abbild* des *Gegenstandes*.

Folglich sind die sensorischen Signale, die aus der Richtung des umgebauten Bewegungsorgans eintreffen, in den frühen Etappen der Wiederherstellung nicht in der Lage, in Verbindung zu treten und die höheren visuell-räumlichen gnostischen Bildungen zu aktivieren. Andererseits, so nehmen wir an, stellt die Beteiligung dieser höheren gnostischen Bildungen – der motorisch-räumlichen Abbilder oder Schemata –, die notwendige Voraussetzung für eine bewußte, willkürliche Ausführung der geforderten Bewegung dar, unabhängig davon, mit

¹² Zur Feststellung der Größe der Illusion haben wir die Methode der Vergrößerung der Schwere des größeren Gewichtes angewendet, was auch erlaubt, die „Illusionsschwelle“ zu messen, d.h. die Größe zu finden, deren Hinzufügung die scheinbar unterschiedliche Schwere der verglichenen Gewichte auszugleicht.

¹³ Handbuch der Physiologie Bd. 15

¹⁴ Smith [so im Original!]

¹⁵ Sifman, L. A., Zum Problem der taktilen Wahrnehmung der Form. Forschungen zum Problem der Sensibilität, unter der Redaktion von B. G. Anan'ev, 1940 (russ.). Ders., Zur Frage der taktilen Wahrnehmung der Form, ebd

¹⁶ Agnosie ist eine zentrale Störung des Erkennens trotz intakter Sinneswahrnehmungen, so dass ein wahrgenommener Gegenstand nicht identifiziert werden kann. Die taktile Agnosie oder Astereognosie entsteht durch Läsion des Parietallappens und besteht in der Unfähigkeit, einen Gegenstand bei erhaltener Sensibilität durch Abtasten oder Greifen zu erkennen.

welchen Zwischeninstanzen und „Hintergrundebenen“ (A. N. Bernstejn) ihre Realisierung verbunden ist.

Wir unterstreichen dies besonders, da wir geneigt sind, der Tatsache der höheren gnostischen Organisierung der spezifisch menschlichen Bewegungen prinzipielle Bedeutung zu verleihen, die in ihrem Ursprung immer als Handlung gebildet werden, d.h. als zielgerichtete und bewußte Prozesse, die in der Folge automatisiert werden, aber trotzdem weiterhin Züge ihrer Herkunft bewahren.

Von diesem Standpunkt aus besteht der Unterschied der Aufgaben der willkürlichen Bewegungen nach den von ihnen geschaffenen Bedingungen der Afferentation vor allem (wenn auch nicht ausschließlich) darin, von welcher Seite, bildlich gesprochen, die geforderten intersensorischen, normalerweise auf visueller Basis aufgebauten gnostischen Synthesen – Schemata der Bewegung – aktiviert werden: Von der Seite der veränderten Propriozeption oder von der Seite des Sehens, dessen ganze Sphäre erhalten blieb. Dies klärt auch jene besonders wichtige Rolle, die das Sehen in den Anfangsstadien der Wiederherstellung der Bewegung – in den Stadien ihrer bewußten Steuerung – spielt. Die Wiederherstellung folgt hier offensichtlich dem entgegengesetzten Weg, dem die Entwicklung folgte. Während die genetisch höheren optisch-räumlichen Synthesen sich in der Bewegung herausgebildet haben, läuft die Wiederherstellung der propriozeptiven Steuerung der Bewegung sozusagen vom visuell-agnostischen Ende beginnend ab.

Letzteres sieht man sehr deutlich in den Fällen, in denen die gründliche Rekonstruktion des Armes bei Personen vorgenommen wird, die gleichzeitig mit dem Verlust der Hand auch die Sehkraft verloren haben. Bei diesen Verletzten ist eine besonders tiefe „taktile Agnosie“ zu beobachten, und das Ingangsetzen der Bewegung geht bei ihnen gewöhnlich außerordentlich langsam vor sich, viele Male langsamer als bei Sehenden.

In der letzten Zeit haben wir mit der experimentellen Ausarbeitung von aktiven Methoden zur Rehabilitierung der Armbewegung bei Verletzten begonnen, die nach Krukenberg operiert wurden. Bis jetzt verfügen wir in dieser Hinsicht erst über allererste Befunde, aber auch sie sind genügend eindrucksvoll.

Der Weg, der sich hier abzeichnet, ist der Weg des „Erkennens durch die Hand“, der Wiederherstellung der taktil-genetischen Gnosis. Dafür versuchten wir zwei unterschiedliche Methoden anzuwenden. Die erste besteht in der verbundenen Anwendung des nichtoperierten Armes, der die Rolle des guide übernimmt, und des zum „Agnostiker“ gewordenen rekonstruierten Armes. Die zweite Methode besteht darin, daß dem Verletzten zuerst der Gegenstand, der von ihm erkannt werden soll, detailliert beschrieben wird, daß man ein möglichst deutliches Abbild von ihm im Bewußtsein des Verletzten hervorrufft, und ihm dann die Möglichkeit gibt, sich mit diesem Gegenstand auf taktil-motorische Weise bekannt zu machen. Wie die ersten Ergebnisse zeigen, die bei der Arbeit mit einfachsten Gegenständen und Formen erreicht wurden, ist letztere Methode äußerst effektiv: Schon im Verlauf einer einzigen Sitzung erfolgt eine beträchtliche Verschiebung.

Auf diese Weise eröffnet die experimentell-psychologische Untersuchung des Zerfalls jener komplizierten gnostischen Bildungen, die beim Menschen die Ausführung willkürlicher, bewußt-zielgerichteter Bewegungen möglich machen, auch den Weg ihrer Reintegration. Diese Reintegration erfolgt, allgemein gesprochen, im Prozeß einer Bewegung, die unter der Kontrolle des Sehens räumlich ganzheitliche oder gegenständliche Handlungen ausführt. Im

weiteren geht der Verlauf der Neuerschaffung entsprechender „funktionaler Systeme“,¹⁷ die Bildung stabiler koordinierter Automatismen und die Einengung der Afferentation auf Kosten einer Veränderung der Rolle des Sehens oder sogar seiner vollständigen Einbeziehung vor sich, wenn auch erst, nachdem die propriozeptiven sensorischen Synthesen erneut ihren spezifisch menschlichen *gnostischen* Charakter angenommen haben.

Diese allgemeinen Folgerungen aus der Untersuchung des Problems der funktionalen Begrenzung von Bewegungen, die aus den durch ein Trauma veränderten Bedingungen der Bewegungssteuerung entsteht, resümiert gut jenes zentrale methodische Prinzip, das wir besonders hervorheben – das Prinzip des wiederherstellenden Lernens, vor allem des *Lernens* und nicht des mechanischen Trainings.¹⁸

Die Bewegungen des Menschen sind das Produkt einer riesigen Erfahrung, die im Prozeß seiner ontogenetischen Entwicklung angesammelt wurde, eine Erfahrung, die im gleichen Maße sensorisch, gnostisch wie auch motorisch ist. Ein Teil dieser Erfahrung wurde durch die stattgefunden anatomische Rekonstruktion des Armes gelöscht und muß erneut hergestellt werden. Sie kann sich auch selbst als solche wiederherstellen, spontan, im Prozeß der allmählichen praktischen Aneignung von Bewegungen unter den Bedingungen des Alltags oder, was erheblich besser ist, unter den Bedingungen der Arbeit. Jedoch sind wir verpflichtet, kürzere, effektivere Wege zu finde; einer von ihnen ist der Weg des besonderen wiederherstellenden Lernens der Bewegung.

4.

Zum Abschluß gehen wir kurz auf ein zweites Problem ein, das bei der Untersuchung der funktionalen Begrenzung der Bewegung auftrat.

Die beschriebenen Veränderungen in den komplizierten sensorischen Bildungen, mit denen die Ausführung der Bewegung verbunden ist, bilden lediglich einen Kreis der Erscheinungen, die von einer Beschädigung der Knochen und der Weichteile des Armes abhängen. Ein anderer dabei auftauchender Kreis von Erscheinungen gehört zu der ablaufenden Veränderung der tonischen Funktionen im breiten Sinne dieses Begriffs.¹⁹

Diese Erscheinungen traten schon in den Experimenten von A. G. Komm auf. Besonders deutlich waren sie in der Untersuchung der Koordination bimanualer Arbeitsbewegungen (Hobeln mit einem Hobel), die von Ja. Z. Neverovic durchgeführt wurde. Bekanntlich wechseln sich die Druckkräfte der Arme beim Hobeln ab, sie gehen von einem Arm auf den anderen über. Jedoch zeigen graphische Aufzeichnungen, daß in normalen Fällen weder bei Professionellen noch bei Versuchspersonen, die überhaupt nicht hobeln können, faktisch die volle Einbeziehung der Kräfte des Armes in keinem Moment des Prozesses beobachtet werden kann. Umgekehrt fällt im Fall der Beschädigung eines der Arme sowohl bei Verletzten, die vorher das Hobeln beherrschten, als auch bei Verletzten, die diese Fähigkeit nicht beherrschten, anfänglich der beschädigte Arm in bestimmten Momente gewissermaßen völlig aus und die entsprechende Aufzeichnungskurve seiner Kraft[aufwendung] gleicht sich in dem entsprechenden Abschnitt in eine vollkommen direkte Linie aus [???]. Dies tritt gerade dann

¹⁷ Anochin, P. K., Das Problem des Zentrums und der Peripherie in der Physiologie der Nerventätigkeit, 1935 [russ.]

¹⁸ Leont'ev, A. N. und A. V. Zaporozec, Die Wiederherstellung der Bewegung 1945 [russ.]

¹⁹ Orbeli, L. A., Vorlesungen zur Physiologie des Nervensystems, 1935 [russ.]

auf, wenn der gesunde Arm mit der überwiegenden Aktivität an der Reihe ist. Auf diese Weise ist der verletzte Arm zwar auch an der bimanualen Bewegung beteiligt, aber er ist bloß dann aktiv, wenn er eine verhältnismäßig selbständige Rolle übernehmen muß, wenn dies direkt von ihm „abgefragt“ wird; sobald er jedoch seine Kraft einstellen und vollständig dem gesunden Arm übergeben kann, schaltet er sich unverzüglich aus dem Prozeß aus. Eine ähnliche „Faulheit“ des beschädigten Arms in den Anfangsetappen der Wiederherstellung zeigt sich auch in besonderen Versuchen (A. V. Zaporozec).

In diesen Versuchen wurde eine Reihe von Gegenständen im Halbkreis vor der Versuchsperson ausgelegt, aus denen er diejenigen nehmen sollte, die ihm der Experimentator der Reihe nach zeigte. Normalerweise benutzt die Versuchsperson dabei den Arm, der den gezeigten Gegenstand bequemer greifen kann: wenn er rechts liegt, dann den rechten Arm, wenn er links liegt, den linken. Wenn man der Versuchsperson Gegenstände benennt, die so liegen, daß sie mehrere Male der Reihe nach dieselbe Hand benutzt (z.B. Gegenstände, die alle auf der linken Seite liegen), dann entwickelt sich bei ihr eine Orientierung auf die Bewegung mit eben dieser Hand. Wenn man ihr jetzt einen Gegenstand zeigt, der auf der anderen Seite liegt, so nimmt sie ihn doch mit demselben Arm, obwohl dies offensichtlich mit dem anderen Arm bequemer zu machen wäre.

Anders verhält es sich bei der Untersuchung von Versuchspersonen mit einer Beschädigung des Armes. In den frühen Stadien der Wiederherstellung benutzen diese Versuchspersonen den verletzten Arm aus eigener Initiative überhaupt nicht, obwohl die geforderte Bewegung mit ihm leicht ausgeführt werden kann. Sie ignorieren sozusagen die Möglichkeiten ihres verletzten Arms vollständig, richtiger – er entfernt sich gewissermaßen selbst von diesen Möglichkeiten. Deshalb wirkt sogar die direkte Instruktion, in den notwendigen Fällen den verletzten Arm zu benutzen, nur sehr kurze Zeit, und die Versuchsperson „vergißt“ sie immer wieder. Um den verletzten Arm zum Handeln zu veranlassen, ist jedes Mal eine besondere Anstrengung notwendig, es ist ein Befehl notwendig, der speziell an sie adressiert ist. Dies ist die Erscheinung der sogenannten Orientierung auf Schonung.

Auf den nächsten Stufen der Wiederherstellung verschwindet diese Orientierung und es zeigen sich Bewegungsorientierungen, die durch ein erhöhtes Wahlverhalten charakterisiert sind: Bei Versuchspersonen, die eine „Trainingsserie“ von Versuchen durchlaufen haben, die die Orientierung auf eine bestimmte motorische Methode schaffen (z.B. auf das Ergreifen eines Gegenstandes mit der ganzen Hand oder, umgekehrt, nur mit den Fingerspitzen), äußert sich diese Orientierung in den „kritischen Versuchen“ deutlicher am verletzten Arm als am Gesunden.

Die letzte Etappe, die der Rückkehr zu normalen Orientierungen vorhergeht, ist die Etappe der Orientierung auf „Überaktivität“ des verletzten Arms. „Er (der verletzte Arm) juckt nach Arbeit“, so beschrieb einer unserer Verletzten diese Etappe.

Was verbirgt sich hinter diesen Besonderheiten des beschädigten Armes? Können sie mit den Besonderheiten der motorischen Impulsierung erklärt werden? Z.B. mit einer Hemmung der entsprechenden Impulse, die an den verletzten Arm adressiert sind? Wir haben Grund zur Annahme, daß der Mechanismus der beobachteten Erscheinungen komplizierter ist und daß er mit einer Verzerrung der Regulierung des „Stimmens“ der Muskelperipherie in bezug auf die ankommenden Impulse selbst verbunden ist, d.h. mit einer Regulierung ihres Tonus, deren Steuerung auf der Grundlage der durch das Trauma veränderten Propriozeption, aber auf vollkommen anderen Wegen und unter dem direkten Einfluß des sympathischen

Nervensystems vollzogen wird. Letzteres schafft offensichtlich eine bestimmte Autonomie der Veränderungen der Orientierung, die sich darin äußert, daß zwar in jedem einzelnen Fall die Bewegung mittels einer besonderen Anstrengung willkürlich hervorgerufen werden kann, daß es jedoch offensichtlich unmöglich ist, die Orientierung selbst willkürlich vollständig zu ändern; die einfache Wiederholung der willkürlichen Anstrengung ist in einigen Fällen in der Lage, sogar einen dem erwünschten direkt entgegengesetzten Effekt hervorzurufen und nur noch mehr die negative Orientierung zu unterstreichen. Veränderungen der motorischen Orientierung werden vollkommen anders erreicht: mit Einwirkungen auf die inneren Orientierungen der *Persönlichkeit* des Verletzten auf seine emotionale Sphäre, d.h. mit Hilfe von Einwirkungen vom *erzieherischen* Typ.

Deshalb ist z.B. bei der Arbeitstherapie nicht nur wesentlich, welche motorischen Operationen von dem Verletzten ausgeführt werden, sondern auch wie die Arbeit selbst organisiert ist, ob sie den Verletzten völlig einnimmt oder ob sie von ihm nur als System künstlicher therapeutischer Übungen erlebt wird. Dieser Umstand dient auch als Begründung dafür, zugleich mit dem Prinzip des wiederherstellenden Lernens auch das Prinzip der wiederherstellenden Beziehung aufzustellen. Die praktische Notwendigkeit der Verbindung dieser Prinzipien in der funktionalen Wiederherstellungsarbeit mit Verletzten ist kein Zufall; der allgemeinpädagogischen Forderung entsprechend, die an jegliches Lernen gerichtet ist, entspricht sie psychophysiologisch der realen Einheit der beiden grundlegenden Adaptions-systeme des Organismus – des tonischen und des trophischen einerseits und des phasischen, eigentlich motorischen andererseits.

Wenn folglich die Analyse der funktionalen Folgen dieser Verschiebungen, die uns unter dem Einfluß der erlittenen Verletzung im afferent-efferenten Feld des Armes etwas paradox entlang der einen Forschungslinie zum Bild der Veränderung der kompliziertesten *gnostischen* Bildungen in der Psyche führt, so eröffnet sie uns nach der anderen Linie hin eine wohl nicht weniger paradoxe innere Verbindung dieser Verschiebungen mit den intimsten *persönlichkeitsbezogenen* Bildungen – mit den inneren Orientierungen des Menschen.

Damit tritt die menschliche Bewegung, so denken wir, in ihrem wirklichen Wesen auf: Nicht als nur der „rein physischen“ Sphäre des Menschen zugehörig, *über* der sich mechanisch seine Psyche aufbaut, sondern als den Prozeß des einheitlichen, seiner Form nach höheren, menschlichen Lebens ausführende – des Lebens, das von der Psyche, dem Bewußtsein vermittelt ist.²⁰

²⁰ [Achtung: wo genau muß diese Fußnote hin?] Clenov, L. und A. Sutkovaja, Zur Pathologie des Tastsinns. Einführung in das Problem der Asteriognosis. Archiv für biologische Wissenschaften, Bd. X, 4. Ausgabe 1