

**A. R. Lurija**

**Progressive Ideen in Physiologie und Psychophysiologie des Menschen (Zum 80. Geburtstag von N. A. Bernštejn)**

In diesem Jahr wäre der hervorragende sowjetische Physiologe N. A. Bernštejn, der zweifellos einer der Begründer einer neuen Richtung in der Humanphysiologie war, 80 Jahre alt geworden.

Die ersten Schritte dieses Wissenschaftlers waren zwar einem relativ speziellen, für die Psychologie aber sehr wichtigen Problem gewidmet, nämlich der Analyse der Struktur der menschlichen Bewegung, der Beschreibung ihrer Hauptformen, Niveaustufen und Mechanismen. In der folgenden Lebensperiode begab er sich auf die Weiten eines noch wichtigeren Forschungsgebiets: der Aktivitätsphysiologie und -psychologie, ohne deren Ausarbeitung das Studium der materiellen Mechanismen der menschlichen Psyche heute undenkbar wäre. Bernštejn unternahm den außerordentlich wichtigen Versuch, das Aktivitätsproblem von wissenschaftlichen, deterministischen Positionen aus zu erforschen, und machte mit den früher auf diesem Gebiet vorherrschenden idealistischen Ansätzen konsequent Schluss. Er kam zur Beschreibung grundlegender Gesetze der Selbstregulation der Bewegungen und ihrer Steuerung.

Die Ideen der Selbstregulation und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen wurden von ihm (gleichzeitig mit P. K. Anochin) 12 Jahre vor den ersten Veröffentlichungen von N. Wiener formuliert, und dies gibt uns das Recht, ihn als einen der Väter der wissenschaftlichen Theorie selbstregulierender Systeme zu bezeichnen.

Dies alles verdient höchste Anerkennung dieses herausragenden Menschen und des Beitrags, den er in die sowjetische Wissenschaft eingebracht hat.

N. A. Bernštejns Arbeit begann in den 20er Jahren unseres Jahrhunderts in dem damals gegründeten Zentralen Gastev-Instituts für Arbeit. Das als zentrale Einrichtung für die wissenschaftliche Analyse der menschlichen Arbeit konzipierte Institut war das erste breit organisierte Zentrum, das den ganzen Komplex von Arbeitsphänomen erfasste, von der Detailanalyse menschlicher Arbeitsbewegungen bis hin zu breit angelegten Forschungen zur Arbeitsorganisation. Auf die Tagesordnung wurden Probleme der wissenschaftlichen Grundlagen der Steuerung der Arbeit, ihrer wissenschaftlichen Organisation gesetzt. Erst in unseren Tagen – 50 Jahre nach Schaffung dieser Grundlagen – entstand erneut ein tiefgehendes Interesse an diesen Problemen.

Das Zentralinstitut für Arbeit bot alle Möglichkeiten für eine breite Entwicklung von Bernštejns Arbeit für die wissenschaftlich

fundierte Untersuchung des Aufbaus von Arbeitsbewegungen des Menschen. Der Schreiber dieser Zeilen erinnert sich lebhaft an den für damalige Zeiten einmaligen Reichtum der Ausstattung, die Bernštejn zur Verfügung stand, und an die hervorragenden Verfahren, die er einführte und die allen Forschungen auf diesem Gebiet in in- wie ausländischen Laboratorien weit voraus waren.

N. A. Bernštejn war hochbegabt, gleichermaßen kompetent sowohl in der Mathematik als auch in der Musik, in der Physiologie und Nachbarwissenschaften. Er entwickelte eine neue Variante der zyklographischen Methode zur Untersuchung menschlicher Bewegungen wie Gang, Arbeitsbewegungen usw. Er schlug ein differenziertes und präzises Verfahren zur Registrierung diskontinuierlicher Signale von an den Gelenken befestigten Lämpchen vor, um die Beschleunigung von Bewegungen zu untersuchen, die dadurch sehr präzise beschrieben werden konnten. Die Forschungen führten Bernštejn zu der Schlussfolgerung, dass menschliche Bewegungen eine klar umrissene Struktur haben und, ohne sie in genau der gleichen Form zu wiederholen, ein bestimmtes Schema beibehalten, unabhängig davon, welches Organ die Bewegung ausführt. Beispiele dafür sind die Beibehaltung eines bestimmten Schemas des Gangs oder des Schreibens, unabhängig davon, ob mit der rechten oder der linken Hand oder dem Fuß geschrieben wird. Seine Beispiele der Beibehaltung einer Handschrift (und damit eines Schemas der Bewegungskoordination) beim Schreiben eines Wortes (z. B. des Wortes „Koordination“) fanden Eingang in alle Lehrbücher und werden heute als klassisch betrachtet.

Die Bewegungsuntersuchungen wurden von einer gründlichen Analyse der Bildung motorischer Fertigkeiten begleitet. Bereits auf den ersten Etappen seiner Arbeit zeigte er, dass eine beliebige menschliche Bewegung (darunter auch die motorische Fertigkeit) am wenigsten als eine Kette einzelner Reflexe angesehen und schon gar nicht auf die in ihr enthaltenen einfachsten Elemente reduziert werden kann. Solche in der damaligen Zeit vom amerikanischen Behaviorismus und der sowjetischen Reflexologie vertretene Auffassungen waren Bernštejn gleichermaßen fremd. Er war von Anfang an der Meinung, Hauptaufgabe der Wissenschaft sei nicht so sehr das Studium von Elementen, aus denen die Willkürbewegung besteht, als vielmehr das Studium des ganzheitlichen Bewegungsakts, sei er auch noch so komplex oder elementar.

Deshalb wurde zu seiner, das ganze weitere Leben konsequent verfolgten Hauptidee die von der Koordination, die neben dem Bewegungshintergrund auch Bewegungsoperationen einschließt und das ganze Bewegungsensemble einer einheitlichen Bewegungsaufgabe unterordnet, welche das Ganze determiniert.

So schrieb er in den *Essays* [Očerki] (S. 255): „Es wurde offensichtlich, dass man bei Ruhefunktionen sich noch damit begnügen könnte, sie in ihren Teilen zu studieren, indem man den Organismus in einzelne Funktionen aufspaltet, ohne die Positionen des Atomismus zu verlassen, dass aber der Organismus bei allen aktiven Äußerungen der Lebenstätigkeit als so unteilbar Ganzes erscheint, dass eine künstliche Teilung unmöglich wird.“

„Der Reflex ist kein Element einer Handlung, sondern eine elementare Handlung.“ Aus Reflexen kann man kein komplexes Verhalten schaffen. Man muss die Handlung nicht in kleine Splitter aufspalten, sondern „alle möglichen Handlungen nach ihrer ansteigenden Komplexität in eine Reihe bringen, und dann finden wir an der Flanke, wohin wir die am wenigsten komplexen legen, auch alle Reflexe.“

Ein großer Beitrag N. A. Bernštejns zur physiologischen Theorie des Bewegungsaufbaus betrifft die Wechselbeziehung von Haupt- und Hintergrundkomponenten der Bewegung und den Aufbau gestufter Akte.

Jede Bewegung besteht aus einer führenden Komponente und einem Hintergrund. Führend ist die Richtung, die die Bewegungsaufgabe der Bewegung gibt, Hintergrund ist jenes System von Koordinationen (oder eines plastischen Tonus), auf dem die Bewegung abläuft und ohne das keine Bewegung möglich wäre. Bewegungen können reflektorisch oder instinktiv, lokomotorisch oder gegenständlich sein, aber in jedem Fall können sie nicht ohne ein variables und plastisches System tonischer Koordinationen erfolgen, die den Bewegungshintergrund bilden. Er sichert die ganzheitliche Struktur des Bewegungsakts.

Wesentlich für seine Auffassungen ist die These über unterschiedliche Niveaus des Bewegungsaufbaus und über die Veränderung der Wechselbeziehung von führenden und Hintergrundkomponenten auf verschiedenen Evolutionsetappen und bei verschiedenen Bewegungsaufgaben.

So kann beim elementaren Reflex die Wechselbeziehung führender und Hintergrundkomponenten durch den einfachsten, auf elementarem Spinalniveau (roter Kern und Spinalkoordinationen) funktionierendem Mechanismus bestimmt werden. Auf dem Niveau komplexerer, aber immer noch ziemlich primitiver Bewegungsakte (wie das Schwimmen) verlagert sich die führende Rolle zu den thalamo-spinalen Koordinationen. Auf dem noch höheren Niveau der lokomotorischen oder Bewegungen im Raum beginnen Apparate des Kortex die führende Rolle zu spielen, wobei niedere Niveaus der tonischen Koordination, die den Hintergrund der organisierten Bewegung sichern, in der Struktur mit „aufgehoben“ sind. Die beiden eben benannten Niveaus gehen ihrerseits als Hintergrundkomponenten in Bewegungsakte noch höherer Ordnung ein, nämlich auf dem Niveau der gegenständlich organisierten und weiterhin auf dem Niveau der symbolischen Bewegungen, die in menschlichen Handlungen die entscheidende Rolle spielen und an denen die kompliziertesten „sekundären“ und „tertiären“ Kortexbereiche beteiligt sind, wobei die vorher genannten Niveaustufen als Hintergrund mit eingehen.

Wichtig ist auch Bernštejns Aussage, dass das Inventar der Bewegungen und Koordinationen des Synergieniveaus und des Raumbereichs beim Menschen unermesslich reicher sei als bei Tieren und dass demzufolge die Entwicklung von Bewegungsakten nicht zur Verarmung, sondern zur Bereicherung nicht nur der höchsten, sondern auch der elementaren Hintergrundniveaus der Bewegung führen.

Er hat erstmalig die physiologischen Mechanismen unterschiedlicher Niveaus des Aufbaus von Bewegungsakten und ihrer Zusammenhänge in jeder Handlung in breitem Stil untersucht. Dies ist einer seiner wesentlichsten Beiträge zur Weltwissenschaft.

Obwohl seit der Erstveröffentlichung dieses Systems in seinem mit einem Staatspreis ausgezeichneten Buch „Über den Aufbau von Bewegungen“ fast 40 Jahre vergangen sind, sind die darin enthaltenen Materialien keineswegs veraltet und stellen wohl das Wichtigste dar, was es auf diesem Gebiet gibt.

An zweiter Stelle hinsichtlich der Bedeutung steht seine detaillierte Analyse der inneren Struktur der Bewegungsregulation und der Psychophysiologie komplizierter Formen der motorischen Fertigkeit.

Gemäß verfestigten Auffassungen haben alle Bewegungsarten reflektorischen Charakter und werden letzten Endes von elementaren efferenten Impulsen bestimmt.

Diese vereinfachte Vorstellung hat Bernštejn gründlich geprüft und zurückgewiesen. Genaue Analysen der Physiologie des Bewegungsakts führten ihn zu Schlussfolgerungen, die sich grundlegend von den klassischen unterscheiden.

Diese Beobachtungen zeigten, dass Bewegungen, die sich auf komplexe Gelenke und variable Viskosität der Muskeln stützen, eine praktisch unendliche Anzahl von Freiheitsgraden haben und dass eine mathematische Formel, die diese Bewegungen allein mit efferenten Impulsen zu steuern in der Lage wäre, unmöglich ist. Nach seiner Auffassung sind systematische afferente Impulse notwendig, die es dem Menschen ermöglichen, Signale sowohl von der Lage der Extremitäten im Raum als auch von der Viskosität der Muskeln zu empfangen, und die es gestatten, ein selbstregulierendes Bewegungssystem zu realisieren. Diese synthetischen afferenten Impulse spielen nach seiner Ansicht die entscheidende Rolle beim Bewegungsaufbau. Und wenn sich efferente, primär generalisierte Impulse auf verallgemeinerte Muskelgruppen richten, so verbleibt die Präzisierung der Organisation dieser Impulse und die Schaffung des organisierten Bewegungsfelds, in dem die Bewegungsakte ablaufen, bei den afferenten Impulsen.

Wenn man berücksichtigt, dass eben diese afferenten Bewegungsfelder auf jeder Entwicklungsstufe ihre spezifische Organisation aufweisen, bei der das Synergieniveau sich vom Niveau des Raumfeldes unterscheidet und letzteres vom Niveau der gegenständlichen und der symbolischen Handlung, ist leicht zu erkennen, dass Bernštejns Forschung neue Wege nicht nur zu der auf jeder Entwicklungsetappe unterschiedlichen physiologischen Struktur von Bewegungsakten, sondern auch zu neuen, wesentlich reichhaltigeren Vorstellungen über die funktionale Organisation der menschlichen Bewegungen öffnet.

Nicht weniger wichtig sind die Tatsachen, die Bernštejn zur Dynamik der schrittweisen Ausbildung komplizierter motorischer Fertigkeiten fand. Diese Untersuchungen zeigten, dass jede Ausbildung solcher motorischer Fertigkeiten eine Reihe von Stufen durchläuft.

Anfangs sind die Bewegungsimpulse zu „generell“, und die Präzisierung der Bewegung kann nur durch eine nachfolgende Korrektur der bereits ausgeführten Bewegung, d. h. die Korrektur der Fehler, die auf der ersten Etappe begangen wurden, erfolgen (von Bernštejn als sekundäre Korrektur bezeichnet). In der folgenden Phase der Ausbildung einer motorischen Fertigkeit wird diese sekundäre Korrektur durch eine primäre ersetzt: Der Mensch beginnt, vorher (zentral) Bewegungsschemata auszubilden, die erst danach realisiert werden und schon keiner zusätzlichen Korrektur bedürfen.

Die Theorie von der allmählichen Schaffung eines immer vollkommeneren Systems afferenter Felder und ihrer Rolle bei der Ausbildung motorischer Fertigkeiten ermöglichte es, vereinfachte Theorien der Fertigkeitsbildung durch wesentlich differenziertere zu ersetzen. Die theoretische und praktische Bedeutung dieses Beitrags zur Bewegungsphysiologie und zur Praxis der Ausbildung komplizierter motorischer Fertigkeiten ist leicht einzusehen.

Das bisher Dargestellte gibt jedoch nur einen Teil der Vorstellungen wieder, die N. A. Bernštejn in die physiologische und die psychologische Wissenschaft einbrachte. Der zweite Teil seines Beitrags war der Versuch, ein neues Wissenschaftsgebiet zu begründen, nämlich die „Aktivitätsphysiologie“. Dies nahm die letzte große Periode in seinem Leben ein.

In der ersten Etappe seiner Tätigkeit hatte er passive, von außen determinierte reaktive Bewegungen untersucht, die durch eine der Versuchsperson gestellte Aufgabe bestimmt waren. Es entstand die Frage, wie aktive Bewegungen zu verstehen wären. Kann es eine Physiologie aktiver Bewegungen geben? Die Lösung dieser Frage würde die wissenschaftliche Analyse der Mechanismen des Willensakts befördern und hätte eine hervorragende Bedeutung für die materialistische Psychologie.

Bernštejn vermutete, eine solche „Aktivitätsphysiologie“ sei möglich, und widmete ihr die ganzen letzten Jahre seines Lebens.

Er ging davon aus, dass der Rückkopplungsmechanismus nur ein Teil der Regulationsmechanismen ist, daneben Mechanismen existieren, die den weiteren Weg der Bewegung vorwegnehmen und aus eben diesen die Grundgesetze einer „Aktivitätsphysiologie“ hergeleitet werden können.

Jede Bewegung beginnt mit einem bestimmten Ziel, das ein „Modell des künftigen Resultats“ bildet, das er als „Sollwert“ bezeichnete. Die aktuelle Lage eines Bewegungsorgans stellt ein andererseits Signalsystem dar, als „Istwert“ bezeichnet. Die Differenz zwischen beiden Modellen – dem des Künftigen und dem des Gegenwärtigen – bezeichnete er als „Deltawert“. Dieser zuletzt genannte Faktor ist im weiteren Aufbau von Bewegungsprozessen führend und bestimmt ihre Abfolge.

Bernštejns Versuche zur Schaffung einer Aktivitätsphysiologie waren nur die ersten Schritte auf diesem Gebiet. Es waren die ersten Versuche eines Physiologen, vom elementaren Niveau der Untersuchung passiver Prozesse zu einer Theorie aktiver Prozesse beim Menschen zu kommen. Obwohl er diese Aufgabe nicht vollständig lösen konnte, hat der von ihm hierzu geleistete Beitrag unschätzbare Bedeutung sowohl für die Physiologie wie auch für die Psychologie.

Wir sind nur auf die Hauptleistungen eines großen Wissenschaftlers eingegangen, dessen 80. Geburtstag gegenwärtig begangen wird. N. A. Bernštejn verstarb, ohne das Alter von 70 Jahren zu erreichen. Zweifellos hätte er noch sehr Vieles leisten können, aber auch das, was ihm zu tun gelang, ist ausreichend, um ihm einen Ehrenplatz in der physiologischen und in der psychologischen Wissenschaft zu sichern.

Manche Wissenschaftler erreichen ihren Gipfel noch zu Lebzeiten, ihr Beitrag veraltet und gerät allmählich ins Vergessen. Die Spuren Anderer dagegen verstärken sich, und ihre Leistungen werden nach ihrem Tod immer spürbarer. Bernštejn gehört zweifellos zu der zweiten Kategorie großer Wissenschaftler.