

Aus dem Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Heiner Fangerau

Nikolai A. Bernstein – Begründer der modernen Bewegungswissenschaft

Eine Ergobiographie

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Konstanze Betz

2021

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: U.-Prof.em. U.-Prof.h.c. Dr. med. Dr. phil. M.A.(Soz.) Alfons Labisch

Zweitgutachterin: Prof. Dr. med. Bettina Westhoff

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Betz, K.: Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin* **57**, 272–279 (2019).
<https://doi.org/10.1007/s00337-019-0566-y>

Zusammenfassung

Ende des 19./Anfang des 20. Jh. entwickelte Iwan P. Pavlov die Theorie des konditionierten Reflexes. Die daraus abgeleiteten Annahmen über die Funktion des menschlichen Gehirns und des Bewegungsaufbaus konnten jedoch nicht die Dynamik und Komplexität der Mobilität erklären. Der russische Arzt und Naturwissenschaftler Nikolai Bernstein setzte mit seinen Arbeiten an dieser Stelle in den 1920er Jahren mit der Erforschung der Funktion und Steuerung der Bewegung an. Mit seiner neuen Sicht auf die lebendige menschliche Bewegung legte er einen Grundstein für die moderne Bewegungswissenschaft.

Trotz der Relevanz seiner Arbeiten, sind viele davon aufgrund der historischen Umstände der Stalin-Zeit im Westen weitgehend unbekannt geblieben. Obwohl in den 1970/80er Jahren eine Rezeption Bernsteins in der damaligen DDR und nach 1990 auch international einsetzte, ist sein Lebenswerk bis heute nur unter Spezialisten bekannt. Darüber hinaus wurden nach wie vor nicht alle Publikationen Bernsteins aus dem Russischen ins Deutsche oder Englische übersetzt.

Das Ziel der vorliegenden, ersten Ergobiographie Nikolai Bernsteins ist es, die nach wie vor bestehenden Lücken in der Erforschung seines Lebens und Werks aufzudecken und falls möglich zu füllen. Darüber hinaus soll eine Grundlage für weitere Forschungen geschaffen werden. Hierzu wurde eine aktualisierte, möglichst umfassende Bibliographie der Publikationen und Übersetzungen von Nikolai A. Bernsteins Arbeiten erstellt, welche im zweiten Teil der Arbeit dargelegt ist.

Als Grundlage wurde eine 1975 veröffentlichte und 1996 überarbeitete Bibliographie genutzt. Diese konnte mithilfe moderner Suchmethoden durch Informationen aus Nationalbibliographien und Internetquellen um eine Vielzahl an Publikationen und neuen Übersetzungen ergänzt werden. Da die Arbeit in elektronischer Form vorliegt und die Originalwerke in kyrillischer Schrift dargestellt werden, ist mit der Dissertation auch erstmals eine elektronische Literaturrecherche der Werke Bernsteins möglich.

Im biographischen Teil der Dissertation werden durch eine historisch-empirische Untersuchung auf Grundlage von Sekundärquellen Bernsteins Arbeiten in die wissenschaftlichen und historischen Begebenheiten ihrer Zeit eingeordnet. Dadurch wird die Entwicklung von Bernsteins Theorien auf seinem Forschungsweg übersichtlich dargestellt. Nikolai Bernstein begann in den 1920er Jahren mit einer Analyse von Arbeitsbewegungen die Hintergründe der menschlichen Bewegung zu erforschen. Er betrachtete dabei nicht nur die elementaren Bestandteile des Bewegungsapparats, sondern die gesamte aktive und freie Bewegung in der Umwelt. Als einer der ersten Wissenschaftler analysierte er die Bewegung so mit neuen experimentellen Methoden von einer funktionellen und dynamischen Seite aus und legte damit einen Grundstein für die moderne Biomechanik und eine dynamische Systemtheorie.

Die vorliegende Ergobiographie bietet einen umfassenden Einblick in Nikolai Bernsteins theoretischen und empirischen Forschungsweg und dessen Ergebnisse, auch wenn nicht alle Lücken in seinem Lebenslauf geschlossen werden konnten. Dies wäre nur einer Autobiographie des Wissenschaftlers möglich, die jedoch nie entstand. Durch die erstmals um Übersetzungen aktualisierte und elektronisch nutzbare Bibliographie ist es aber nun möglich, Bernsteins vielfältiges und nach wie vor nicht endgültig erschlossenes Lebenswerk weiter zu erforschen.

Summary

At the end of the 19th / beginning of the 20th century, Ivan P. Pavlov developed the theory of conditioned reflexes. Assumptions derived from this about the function of the human brain and the structure of movements could, however, not explain the dynamics and complexity of human mobility. The scientific work of the Russian physician and scientist Nikolai Bernstein started at this point in the 1920s with a closer research of the function and control of human movement. With his new perspective on an active and vital human movement, he laid a foundation for modern movement sciences.

Despite the relevance of his work, much of it has remained largely unknown in the West due to the historical circumstances of the Stalin era. Although a recognition of Bernstein's work started in the 1970s and 1980s in the former GDR and internationally after 1990, his life's work still remains mostly only known to specialists today. Furthermore, not all of Bernstein's publications have been translated from Russian into German or English yet. The aim of this first ergobiography of Nikolai Bernstein is to uncover and, if possible, fill in the gaps of research on his life and work that still exist. In addition, a basis for further research is to be created. For this purpose, an updated and almost comprehensive bibliography of the publications and translations of Nikolai A. Bernstein's works was created, which is presented in the second part of the thesis.

A bibliography published in 1975 and edited in 1996 was used as a foundation. It could be expanded by a large number of publications and especially new translations through modern methods of research, partly in printed national bibliographies and online. Since the presented bibliography is available in electronic form and the original texts of Nikolai Bernstein are shown in Cyrillic script, it also becomes possible for the first time to research Bernstein's works electronically.

In the biographical part of the dissertation, a historical-empirical study based on secondary sources, classifies Bernstein's work in relation to the scientific and historical events of his lifetime. This shows the development of Bernstein's theories over time. In the 1920's, he began to analyze the sources of human movement based on the stroke of metalworkers. He not only analyzed the elementary components of the musculoskeletal system, but an entire active and free movement in its environment. He was one of the first scientists to analyze movement from a functional and dynamic point of view, using new experimental methods and thereby laying the foundation for modern biomechanics.

The presented ergobiography offers a comprehensive insight into Nikolai Bernstein's theoretical and empirical research path and its results, even though not all the gaps in his biography could be closed. This would only be possible with an autobiography of the scientist, which, however, never emerged. The bibliography, which for the first time has been updated with translations and can be used electronically, makes it possible to further research Bernstein's diverse and still undeveloped life's work.

Abkürzungsverzeichnis

TSIT:	russisch <i>Центральный институт труда</i> (<i>Tsentral'nyy institut truda</i> – Zentrales Institut für Arbeit)
ZNS:	Zentrales Nervensystem
WIEM:	russisch <i>Всесоюзный институт экспериментальной медицины</i> (<i>Vsesoyuznyĭ institut eksperimental'noĭ meditsiny</i> – Allunionsinstitut für experimentelle Medizin)
(F):	Muskelmoment
($d\alpha / dt$):	Winkelgeschwindigkeit
(E):	Muskelerregung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Summary	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einführung	1
1.1 <i>Aktueller Forschungsstand und Hintergründe der Arbeit</i>	1
1.1.1 Bernsteins Rolle in der Geschichte der Bewegungsphysiologie	2
1.1.2 Forschungsstand in Deutschland	3
1.1.3 Bernsteinrezeption im angloamerikanischen Raum	4
1.1.4 Biographische Arbeiten über Nikolai Bernstein	6
1.1.5 Arbeiten über Bernsteins historischen Hintergrund	7
1.2 <i>Ziele der Arbeit</i>	8
1.2.1 Spezielle Problemstellung	8
1.2.2 Spezielle Fragestellung	8
2 Material und Methoden	9
3 Nikolai Bernstein – Eine Ergobiographie	11
3.1 <i>Die Jugendjahre (1896-1921)</i>	11
3.1.1 Kindheit und Familie	11
3.1.2 Akademische Ausbildung	13
3.1.3 Dienst in der Roten Armee	14
3.2 <i>Bernstein und die Analyse der Biomechanik (1920-1925)</i>	16
3.2.1 Politische und historische Hintergründe	16
3.2.2 Das Zentrale Institut für Arbeit	17
3.2.3 Nikolai Bernsteins Arbeit am Labor für Biomechanik	20
3.2.4 Einflüsse der Wissenschaft von C.Braune & O.Fischer	21
3.2.5 Eine Optimierung der Aufzeichnungsmethodik	22
3.2.6 Analyse der Arbeitsbewegung	24
3.2.7 Erste Gegenüberstellung der Reflextheorie	26
3.2.8 Ausstieg aus dem Zentralen Institut für Arbeit	27
3.3 <i>Bernsteins Arbeit im Bereich der Psychologie (ab 1922)</i>	30
3.3.1 Das Institut für Experimentelle Psychologie	30
3.3.2 Auf dem Weg zu einer Psychophysiologie der Bewegung	32
3.3.3 Interdisziplinärer Austausch	33
3.4 <i>Analyse der Bewegungssteuerung (ab 1925)</i>	36
3.4.1 Das Institut für Musikwissenschaft	36
3.4.2 Entwicklung der Kymozyklographie	37
3.4.3 Mathematische Analyse der Bewegung	38
3.4.4 Erkenntnisse aus der Analyse des Klavierspiels	42
3.4.5 Sechenovs Einfluss auf Bernsteins Arbeiten	45
3.4.6 Internationaler Austausch	47
3.5 <i>Erweiterung der Fachbereiche</i>	49
3.5.1 Das Institut für Arbeitserhaltung (ab 1927)	49
3.5.2 Die Überwindung der Freiheitsgrade	51
3.5.3 Analyse der Bewegungspathologie	53
3.6 <i>Angespannte Zeiten</i>	56
3.6.1 Zwischen Anerkennung und Kritik	56
3.6.2 Gefährliche Konsequenzen	57
3.7 <i>Entwicklung der Koordinationstheorie (ab 1937)</i>	60
3.7.1 Das Institut für Körperkultur	60
3.7.2 Bernstein und die Gestalt-Theorie	62
3.7.3 Das motorische Feld	63
3.7.4 Theorie des zentralen Engramms	63
3.7.5 Theorien der Lokalisation	64

3.7.6 Ein systemisches Bild der Koordination	65
3.7.7 Die Entwicklung in Bernsteins frühen Bewegungstheorien	67
3.8 <i>Ausbruchs des zweiten Weltkrieges</i>	69
3.8.1 Vor Einbruch der Kriegsjahre	69
3.8.2 Bernstein in Sibirien und Tashkent (1941-1943)	69
3.9 <i>Bernsteins wissenschaftliche Wiedereingliederung (1943-1950)</i>	71
3.9.1 Wiederaufnahme der experimentellen Arbeit	71
3.9.2 Der Stalin-Preis (1948)	72
3.9.3 Über den Aufbau der Bewegung	72
3.9.4 Die Hierarchie der Bewegungskoordination	73
3.9.5 Nikolai Bernstein über die Gewandtheit	78
3.10 <i>Wiederaufkeimende Kritik</i>	81
3.10.1 Fortsetzung der Repressionen	81
3.10.2 Die <i>Pavlov-Konferenz</i> 1950	82
3.10.3 Kritiken in der <i>Pravda</i>	85
3.10.4 Nachfolgen der Kritik	85
3.11 <i>Bernsteins letzte Arbeitsphase (1953-1966)</i>	87
3.11.1 Wiedereingliederung am Neurologischen Institut	87
3.11.2 Bernstein und die Kybernetik	89
3.11.3 Der Begriff der Aktion in der Bewegungsphysiologie	90
3.11.4 Alexei Ukhtomskys Einfluss auf Nikolai Bernstein	92
3.11.5 Bernsteins Weg zu dem Modell des Künftigen	94
3.11.6 Eine mathematische Darstellung des Modells	95
3.11.7 Bernsteins Theorien in den neuen Fachdisziplinen	99
3.11.8 Entwicklung von Bernsteins Wissenschaft in der Nachkriegszeit	101
3.12 <i>Das Ende Bernsteins Lebenswerks</i>	104
3.12.1 Vorbereitung einer Nachfolge	104
3.12.2 Bernsteins letzten Auftritte	104
3.12.3 Ein Abschied	105
4 Schlussteil	107
4.1 <i>Zusammenfassung</i>	107
4.1.1 Bernsteins wissenschaftliches Erbe	107
4.1.2 Graphische Übersicht biographischer Daten N. Bernsteins	109
4.2 <i>Diskussion</i>	110
4.2.1 Diskussion der Ergobiographie	110
4.2.2 Diskussion der Bibliographie	111
4.2.3 Schlussfolgerung	113
5 Chronologische Bibliographie der Werke Nikolai Bernsteins	114
6 Literaturverzeichnis	137

1. Einführung

Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Begründer der modernen Bewegungswissenschaft

Eine Ergobiographie



„A time will come and someone will find out whose souls and deeds embodied parts of his soul.“ (aus: Josif Feigenberg: „Nikolai Bernstein – from Reflex to the Model of the Future“, S. 187 Studies in Sports History Vol. 17, LIT Verlag)

Abb.1: Portrait Nikolai Bernstein¹

1.1 Aktueller Forschungsstand und Hintergründe der Arbeit

Der russische Physiologe und Arzt Nikolai Alexandrowitsch Bernstein (Abb.1) spielte eine wichtige Rolle in der Entstehung der modernen Bewegungsphysiologie. Allgemein entwickelte sich die Physiologie im 19. Jahrhundert weltweit rasch voran.² Die vielen neuen physiologischen Schulen und Disziplinen, die zu dieser Zeit entstanden, machen eine übersichtliche Darstellung ihrer wichtigsten Vertreter, zu denen auch Nikolai Bernstein zählte, jedoch schwer.³ Der internationale wissenschaftliche Austausch litt zudem unter den Folgen der Kriegsjahre.⁴ In Deutschland wurde nur wenig über ausländische Beiträge, welche die Geschichte der Physiologie prägten, bekannt.⁵

¹ Copyright (© 2019) From *Dexterity and Its Development* by Latash M., Turvey, M. Reproduced by permission of Taylor and Francis Group, LLC, a division of Informa plc
Aus: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. Einleitung, Portrait N. Bernstein

² Den Beginn der Entwicklung datiert K. Rothsuh, deutscher Historiker, auf 100 Jahre vor Erscheinen seiner Abhandlung über die Geschichte der Physiologie 1953. ROTHSCUH, K. E. 1953. *Geschichte der Physiologie*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag., Vorwort, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³ Siehe hierzu das Vorwort aus: ROTHSCUH, K. E. 1953. *Geschichte der Physiologie*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag. Vorwort, S. 1

⁴ Ebd. S. 222, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁵ Ebd.

1.1.1 Bernsteins Rolle in der Geschichte der Bewegungsphysiologie

Die fehlende Bekanntheit betraf auch die wissenschaftlichen Arbeiten aus der ehemaligen Sowjetunion, wie die von Nikolai A. Bernstein. Doch gerade Bernsteins Arbeiten zeigten früh, wohin sich die moderne Bewegungswissenschaft entwickeln sollte. Die Bewegung wurde zunehmend in ihrer aktiven, lebendigen Funktion anstelle der isolierten physiologischen Teilprozesse erforscht.⁶ Als sich in den 1950/60er Jahren die Kybernetik zu einem wissenschaftlichen Fachbereich entwickelte,⁷ zählte auch die Steuerung funktioneller Systeme zu einem wichtigen Schwerpunkt.⁸

In der westlichen Welt sind im Zusammenhang mit der Kybernetik insbesondere die Arbeiten von Norbert Wiener⁹ bekannt. Bereits Jahrzehnte zuvor verfolgte aber auch Nikolai A. Bernstein diesen Ansatz in seinen Theorien der Bewegungsphysiologie.¹⁰ Ein Inhalt seiner Arbeiten war die zentrale Steuerungsfunktion der Koordination und Regulation der menschlichen Bewegung.¹¹ Die zuvor genannten historischen Umstände jener Zeit machten Bernsteins Wissenschaft im Ausland nur wenig bekannt. Bis heute ist nur ein Bruchteil seiner zahlreichen Arbeiten in die englische und noch weniger in die deutsche Sprache übersetzt worden.¹² Ebenso weisen die Informationen über seinen wissenschaftlichen sowie biographischen Werdegang in der westlichen Welt noch heute Lücken auf.

⁶ ROTHSCHUH, K. E. 1953. *Geschichte der Physiologie*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag. S. 224, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 275

⁸ DONSKOY, D., DMITRIYEV, S. 1996. N.A. Bernstein and Domestic Biomechanics's Development. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 4-10. S. 5

⁹ Zu Leben und Wissenschaft von Norbert Wiener siehe: URBIG, D. 2001. *Norbert Wiener (1894-1964)* [Online]. Available: <http://www.diemo.de/projects/nwiener/nwiener.pdf> [Accessed 23.05 2019].

¹⁰ Siehe: GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 9-13, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹¹ Beispiel: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz). Sowie: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.

¹² Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279. und: LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53. S. 101

1.1.2 Forschungsstand in Deutschland

Bernstein schrieb in den 20er Jahren selbst Artikel für deutsche Zeitschriften.¹³ Die erste deutsche Übersetzung einer Arbeit Nikolai Bernsteins wurde 1971 in einem Sammelband veröffentlicht.¹⁴ Ein weiterer wichtiger Beitrag zur Bekanntheit von Bernsteins Wissenschaft in Deutschland ist das 1975 erschienene Werk *Bewegungsphysiologie* von L. Pickenhain und G. Schnabel.¹⁵ Hier sind wichtige Publikationen Bernsteins übersetzt und ermöglichen den Leserinnen und Lesern somit eine Übersicht und einen Einblick in Bernsteins Wissenschaft.¹⁶ Zusätzlich wurde von den Autoren eine kurze biographische Übersicht seines Lebensweges,¹⁷ sowie eine möglichst vollständige Bibliographie von Bernsteins Publikationen erstellt.¹⁸ Die Bibliographie wurde nachfolgend 1996 erneut veröffentlicht.¹⁹

Obwohl dieses Buch einen wertvollen Beitrag zu Bernsteins Wissenschaft bietet, ist es keine detaillierte ergobiographische Darstellung der Entwicklung seines Forschungsweges. Die Bibliographie Nikolai Bernsteins beinhaltet bereits eine hohe Zahl an Publikationen, lässt sich im Vergleich mit der russischen Nationalbibliographie jedoch weiter ergänzen. Auch sind gerade in den letzten Jahrzehnten bislang unveröffentlichte Arbeiten Bernsteins publiziert worden, welche in der vorhandenen Bibliographie noch nicht integriert werden konnten. Zudem ist es erschwert, ein auf Russisch erschienenes Werk nach Möglichkeiten der Literaturrecherche zu finden. Die Titel der Publikationen wurden in den erschienenen Bibliographien aus der kyrillischen Schrift in die lateinische Schrift transliteriert. Ebenso gibt es bislang keine Übersicht der übersetzten Werke von Nikolai Bernstein in deutscher und englischer Sprache.

¹³ Zum Beispiel: BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

¹⁴ Dabei handelt es sich um: BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber., sowie: BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber , Siehe auch: LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53. S.118

¹⁵ BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

¹⁶ Zum Beispiel: BERNSTEIN, N. 1975b. Biodynamik der Lokomotionen (Genese, Struktur, Veränderungen). In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Heidelberg: Barth., oder: BERNSTEIN, N. A. 1975e. Die Koordination der Bewegungen in der Ontogenese In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Pickenhain, L., Schnabel, G.

¹⁷ GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

¹⁸ PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. Bibliographie S. 245-247

¹⁹ BERNSTEIN, N. A. 1996. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT., sowie: BERNSTEIN, N. A. & SCHNABEL, G., SANDNER, H. 2001. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT, Abt. Information Dokumentation Sport.

Neben den Arbeiten von L. Pickenhain und G. Schnabel sind im Zusammenhang mit der Rezeption des Lebenswerks Bernsteins auch die Beiträge des Sportpsychologen und Hochschullehrers Eberhard Loosch zu nennen. Durch seine Arbeiten wurde vieles über das Lebenswerk Bernsteins in Deutschland bekannt.²⁰ E. Loosch stellte in seiner biographischen Abhandlung über Bernstein aus dem Jahr 2012 aber auch selbst dar, dass eine fundierte Werksforschung Nikolai Bernsteins in Deutschland bislang noch fehlt.²¹ Neben der Übersetzungsarbeit in den 70er Jahren entstand in der ehemaligen DDR ein Forschungszirkel der Universität Greifswald, welcher das Erbe Bernsteins pflegt.²² Im Jahre 1988 wurde durch den *Bernstein-Zirkel* die erste internationale Bernstein-Konferenz in Trassenheide ausgerichtet,²³ 1996 die zweite.²⁴ Im Jahr 2011 feierte die Gesellschaft ihr 40-jähriges Bestehen.²⁵

1.1.3 Bernsteinrezeption im angloamerikanischen Raum

Mehr über Nikolai Bernsteins Lebenswerk findet man im englischsprachigen Raum. Einen großen Beitrag leistete hier Prof. Mark L. Latash.^{26,27} Im Jahr 1996 publizierte er das Buch *Dexterity And Its Development*,²⁸ in welchem eine zentrale Arbeit von Nikolai Bernstein²⁹

²⁰ So zum Beispiel: LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag., oder: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125.

²¹ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 118

²² Ebd., sowie in: LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53. S. 52 und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 118

²³ Hierzu: HIRTZ, P., PÖHLMANN, R. 1989. Aktuelle sportmedizinische Forschungen im Lichte der Lehren N.A. Bernsteins. *Theorie und Praxis der Körperkultur (Themenheft)*, 38.

²⁴ HIRTZ, P. 1997. Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet. 2. Bernstein-Konferenz und 2. gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik. In: NÜSKE, F. (ed.) *Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 25-27.9.1996 in Zinnowitz*. Hamburg.

²⁵ LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53., S. 53

²⁶ Übersichtsinformationen zu Leben und Werk von Mark L. Latash: LATASH, M. L. 2010. Biography of Mark Latash. *Journal of Human Kinetics*, 24, 5-6.

²⁷ Siehe auch: LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53. S. 52-53

²⁸ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates.

²⁹ Der Originaltext hierzu wurde nach Nikolai Bernsteins Tod publiziert: BERNSTEIN, N. A. 1990. *О ловкости и ее развитии (Über Gewandtheit und ihre Entwicklung)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

übersetzt wurde. Zudem ist eine kurze Übersicht über Nikolai Bernsteins Leben und seine Arbeit gegeben.³⁰

Weitere Publikationen wurden durch die amerikanische Gesellschaft *Society of Motor Control* in der gleichnamigen Zeitschrift veröffentlicht.³¹ In den Ausgaben von 1998³² bis 2001³³ wurde das erste Kapitel mit *Bernsteins Heritage* (deutsch: Bernsteins Erbe) bezeichnet. Hier wurde jeweils ein Artikel aus einem Werk von Nikolai Bernstein übersetzt³⁴ und von Spezialisten des Fachbereichs kommentiert.³⁵ Seit 1996 werden zudem durch diese Gesellschaft regelmäßige Treffen zum internationalen Austausch der bewegungsphysiologischen Forschung veranstaltet.³⁶ In zeitlichem Zusammenhang dazu wurden auch Buchbände veröffentlicht. Bernsteins wichtigste wissenschaftliche Errungenschaften waren deren inhaltlicher Schwerpunkt.³⁷ Im Rahmen der Zusammenkünfte wurden zudem besondere Erfolge im Bereich der Bewegungsforschung mit der Vergabe des sog. *Bernstein-Preises* geehrt.³⁸

Trotz des wertvollen Beitrags zum Fortbestehen seines Lebenswerkes ist in der Reihe der Publikationen noch eine Lücke hinsichtlich der Biographie Nikolai Bernsteins. Wie der Autor Prof. M. Latash beschreibt, ist ein wichtiger Beitrag hierzu durch einen Zeitgenossen Bernsteins entstanden.³⁹

³⁰ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 247-277

³¹ LATASH, M. L. 1997. Motor Control - Finally a Journal for All of Us. *Motor Control*, 1. Eine Übersicht über die Inhalte der mehrfach monatlich erscheinenden Zeitschrift „Motor Control“ ist zu finden unter: 2018b. *The Official Journal of the Society of Motor Control* [Online]. Available: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/mcj/mcj-overview.xml> [Accessed 01.06. 2018].

³² So z.B.: MEIJER, O. G., BONGAARDT, R. 1998a. Bernstein's last paper: The immediate task of neurophysiology in the light of the modern theory of biological activity. *Motor Control*, 2, 2-9.

³³ BERNSTEIN, N. A., MEIJER, ONNO G., KOTS, Y., EDGERTON, V.R. 2001. Low-Dimensional Control: Tonus (1963). Ebd.5, 1-22.

³⁴ Die Übersetzungen wurden oft von M. Latash erstellt, was sich in den Fußnoten der jeweiligen Kapitel wiederfinden lässt.

So z.B.: BERNSTEIN, N. A., SPORNS, O., EDELMANN, G. 1998. Bernstein's Dynamic View of the Brain: The Current Problems of Modern Neurophysiology (1945). Ebd.2, 283-305. S. 299

³⁵ Die Titel und Inhalte der monatlichen Ausgaben sind zu sehen unter: 2018. *The Official Journal of the Society of Motor Control* [Online]. Available: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/mcj/mcj-overview.xml> [Accessed 01.06. 2018]

³⁶ Weiteres über die Gesellschaft: 2019. *International Society of Motor Control* [Online]. Available: <http://i-s-m-c.org/> [Accessed 12.09. 2019].

³⁷ LATASH, M. L. 1998a. *Progress in Motor Control: Bernstein's traditions in movement studies*, USA, Human Kinetics. S. 221 ff.

³⁸ Folgende Preisträger waren bislang bekannt: 2005: Anatol G. Feldman, 2007: Mark Latash, 2009: Michael Turvey, 2011: Scott Kelso., 2013: Grigory Orlovsky, 2015: Apostolos Georgopoulos, 2017: Sten Grillner; Quelle: 2018a. *The Bernstein Prize* [Online]. Available: <http://i-s-m-c.org/the-bernstein-prize/> [Accessed 20.07. 2018].

Sowie: LEVIN, M. 2014. The Bernstein Prize. *Motor Control*, 18, 327-330.

³⁹ LATASH, M. L. 2005. A new biography of Nikolai Bernstein. Ebd.9, 1-2.

1.1.4 Biographische Arbeiten über Nikolai Bernstein

Prof. J. Feigenberg war ein Schüler Nikolai Bernsteins.⁴⁰ Im Jahr 2004 publizierte er seine Biographie Bernsteins zunächst auf Russisch.⁴¹ Im Jahr 2014 wurde dieses Werk auch ins Englische übersetzt.⁴² Neben einer Biographie beinhaltet das Buch weitere übersetzte Artikel.⁴³ Es bietet einen tiefen Einblick in das Leben und die Arbeit des Wissenschaftlers aus persönlichen Erinnerungen seiner Zeitzeugen.⁴⁴ Doch beschreibt der Autor im Schlusswort selbst, dass diesem Werk noch Details über Hintergründe und Einflüsse auf Bernsteins Forschungsweg fehlen.⁴⁵ Neben Prof. Feigenberg hat auch ein weiterer Schüler Nikolai Bernsteins, L. Chkhaidze,⁴⁶ an dieser Biographie mitgewirkt.⁴⁷ Er verfasste auch eine kürzere Biographie Bernsteins auf Russisch.⁴⁸ Diese ergänzt die Arbeit von J. Feigenberg um einige wertvolle Informationen.⁴⁹ Jedoch ist auch dies, wie durch den Autor beschrieben, keine vollständige Biographie Nikolai Bernsteins. Vielmehr gibt der Autor gemeinsame Erinnerungen wieder.⁵⁰

Einen weiteren Beitrag über die Arbeit von Nikolai Bernstein geben die Autoren Rob Boongardt und Onno G. Meijer in einer kurzen biographischen Übersicht,⁵¹ sowie in zahlreichen Artikeln über den Hintergrund von Bernsteins Forschung. In Deutschland spielen

⁴⁰ SPEKTRUM. 2000b. *Feigenberg* [Online]. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Available: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/feigenberg/3971> [Accessed 01.05. 2018].

⁴¹ FEIGENBERG, J. M. 2004. *Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность (deutsch: Bernstein N.A. - Physiologie der Bewegung und Aktivität)*, Moskau, Smysl.

⁴² Übersetzung erfolgte durch J. Linkova, siehe: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.

⁴³ Zum Beispiel: BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag.

⁴⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. Introduction, S. VIII

⁴⁵ Ebd. S. 187

⁴⁶ *Lev Vladimirovich Chkhaidze* war ein Schüler und Kollege Nikolai Bernsteins, welcher in seiner Publikation „*Формула шага*“ (*Formula Shaga, Übersetzt.: Die Formel des Schrittes*) Wertvolles zu Nikolai Bernsteins biographischem Hintergrund verfasst hat. Siehe: CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport)., sowie: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 6

⁴⁷ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. Introduction, S. VIII

⁴⁸ CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁴⁹ Ebd.

⁵⁰ Ebd.

⁵¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71.

wie zuvor genannt, die Arbeiten von E. Loosch eine wichtige Rolle in der Biographieforschung Nikolai Bernsteins.⁵²

1.1.5 Arbeiten über Bernsteins historischen Hintergrund

Neben den Berichten von Zeitzeugen über Bernsteins Leben und Werk sind auch die historischen Begebenheiten seiner Zeit wichtig. Nur so lassen sich Entscheidungen und Abzweigungen in seinem Forschungsweg aus der heutigen Sicht nachvollziehen. In diesen Kontext fallen Publikationen der russischen Psychologin und Soziologin Dr. I. Sirotkina.⁵³ Inhalt einiger ihrer Arbeiten ist Bernsteins Lebenswerk im Kontext der historischen und soziologischen Entwicklungen in der Psychologie und der Humanwissenschaften Russlands.⁵⁴ Auch beschreibt sie politische und kulturelle Einflüsse auf Bernsteins Lebensweg, zu welchen unter anderem der Pavlovianismus zählte.⁵⁵

Dem Beispiel von Arbeiten über die sozialen und historischen Hintergründe des Lebens Bernsteins folgen weitere aus dem europäischen Literaturraum. Hier sind etwa, wie auch bei den zuvor genannten biographischen Werken zu Nikolai Bernstein, einige Arbeiten der Autoren R.Boongardt und O.G. Meijer mit den jeweiligen Forschungskreisen zu nennen.⁵⁶ Jede dieser Publikationen greift eine bestimmte Thematik aus Nikolai Bernsteins Ergographie und dem historischen Hintergrund auf.

⁵² Zum Beispiel: LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag., oder: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125.

⁵³ Siehe: ZFL. *Gäste - Dr. Irina Sirotkina* [Online]. Available: <http://www.zfl-berlin.org/person/sirotkina.html> [Accessed 20.07. 2018].

⁵⁴ Als Beispiel sei hier ein im Französischen erschienener Artikel benannt: SIROTKINA, I. 1999. Nicolas Bernstein: un physiologiste, figure de proue de la psychologie russe? *Bulletin de psychologie*, 52, 481-490.

⁵⁵ Zum Beispiel: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversial History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag, SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81.

⁵⁶ Zum Beispiel: WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188., sowie: MEIJER, O. G., BONGAARDT, R. Ebd. Bernstein's last paper: The immediate task of neurophysiology in the light of the modern theory of biological activity., 2-9.

1.2 Ziele der Arbeit

1.2.1 Spezielle Problemstellung

Wie die zuvor dargestellten Arbeiten rund um seine Leistungen verdeutlichen, ist Bernsteins Lebenswerk nicht in Vergessenheit geraten. In den 1970/80er Jahren setzte eine Rezeption Bernsteins in der damaligen DDR und nach dem Zusammenbruch des Ostblocks auch in ganz Deutschland ein. In den 1990er Jahren zeigte sich zudem auch eine nicht unrelevante, internationale Wahrnehmung von Bernsteins Lebenswerk.

Trotzdem ist Bernsteins Beitrag und Erbe heutzutage oft nur unter Spezialisten bekannt. Viele seiner Arbeiten sind nicht in die deutsche oder englische Sprache übersetzt und zudem nur nach fundierter Recherche zu finden, da es bislang keine aktualisierte, bibliographische Übersicht über die Werke und deren Übersetzungen gibt. Zudem ist in den vorhandenen Bibliographien eine Literaturrecherche nach den Originaltexten erschwert, da die Titel nicht in kyrillischer Schrift vorliegen. Es fehlt zudem eine elektronische Bibliographie, die heutzutage eine schnelle Literaturrecherche vereinfacht. Auch zu Bernsteins Biographie liegen nur einzelne Arbeiten vor, die jeweils verschiedene Teilbereiche seines Forschungswegs abbilden.

1.2.2 Spezielle Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin ist es, als Grundlage für die weitere Forschung eine aktualisierte, möglichst umfassende Bibliographie der Publikationen von Bernsteins Arbeiten zu erstellen. Diese ist im zweiten Teil der Arbeit dargelegt und beinhaltet neben einer chronologischen Auflistung der Originalarbeiten auch eine Vielzahl an Übersetzungen, die auch zum ersten Mal in einer übersichtlichen Form den Originalarbeiten zugeordnet sind. Zudem werden die Publikationen Bernsteins erstmals auch in ihrer originalen kyrillischen Schreibweise dargestellt, um eine Literaturrecherche zu vereinfachen.

Außerdem soll die vorliegende Dissertation Bernsteins Arbeiten samt deren Fragestellungen, Methoden und Ergebnissen in den Forschungsstand und die Situation seiner Zeit einordnen. Es soll nachvollziehbar werden, wie sich Nikolai Bernsteins Forschung von der reinen Beobachtung einer isolierten Bewegung zu der ganzheitlichen Bewegungswissenschaft entwickelte, die sein Erbe prägt. Diese erste Ergobiographie Nikolai A. Bernsteins soll also bestehende Lücken in der Forschung um Leben und Werk des bedeutenden Physiologen schließen und eine Basis für die weiteren Forschungen schaffen.

2 Material und Methoden

Im ersten biographischen Teil der Dissertation werden im Rahmen einer historisch-empirischen Untersuchung Sekundärquellen⁵⁷ für eine Analyse und Einordnung der Forschungsarbeiten Bernsteins genutzt. Auch Bernsteins Originalarbeiten sind Bestandteil einer Rekonstruktion seines Forschungsweges. Durch Verweise und Literaturangaben in Bernsteins Publikationen wird auch ein Rückschluss über die verschiedenen wissenschaftlichen Einflüsse auf seine Arbeit gezogen. Bernsteins Forschungsweg wird zusätzlich vor den politischen, kulturellen und historischen Hintergrund seiner Zeit gesetzt. Es erfolgt eine Literaturrecherche in Katalog und Datenbank der Universitätsbibliothek Düsseldorf sowie für russische Literatur im Onlinekatalog der russischen Staatsbibliothek.

Als Grundlage für die Aktualisierung der Bibliographie von Nikolai Bernsteins Arbeiten dient zunächst die 1975 erschienene Version der Autoren Pickenhain und Schnabel.⁵⁸ Ebenfalls erfolgt ein Vergleich mit einer neueren Version dieser Bibliographie, die 1996 durch H. Sandner erarbeitet wurde.⁵⁹ Die vorliegenden Bibliographien werden kontrolliert und um fehlende Inhalte ergänzt. Hierzu wird zum einen die Onlinedatenbank der russischen Staatsbibliothek,⁶⁰ sowie der Online-Zugang der russischen Nationalbibliographie der Jahre 1939-1945, genutzt.⁶¹

Zum anderen erfolgt auch eine Recherche in den gedruckten Ausgaben der russischen Nationalbibliographie. Eine Version der russischen Nationalbibliographie findet sich in Form

⁵⁷ Zum Beispiel: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. Und: ЧИХНАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵⁸ PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975b. Chronologisches Verzeichnis der Publikationen N.A. Bernsteins. *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.

⁵⁹ Zwei Versionen sind abgedruckt in: BERNSTEIN, N. A. & SCHNABEL, G., SANDNER, H. 2001. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT, Abt. Information Dokumentation Sport, BERNSTEIN, N. A. 1996. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT.

⁶⁰ RSL. 2019. *Российская государственная библиотека RSL (Russian State Library)* [Online]. Available: <https://www.rsl.ru/> [Accessed 15.07. 2019].

⁶¹ ИТАП-ТАСС. 2019. *Российская книжная палата* [Online]. Available: <http://gbu.bookchamber.ru/index.html> [Accessed 15.07 2019].

eines 1964 erschienenen Nachdrucks mit monatlichen Ausgaben,⁶² sowie auch als jährliche Sammelbände.⁶³ Zudem gibt es ab 1926 auch jährliche Sammelbände der Zeitschriften.⁶⁴

Eine Recherche in den gedruckten Versionen der russischen Nationalbibliographie und der vorhandenen Zeitschriften-Bibliographie erfolgt in den Beständen der Universitätsbibliothek zu Berlin. Die bibliographischen Daten werden schließlich für die gesamte vorliegende Arbeit unter Zuhilfenahme von *EndNote* gesammelt.

Um eine Literaturrecherche zu Bernsteins Arbeiten für die Forschung zugänglich zu machen, werden die Übersetzungen den Originaltexten erstmals in der Literatur auch übersichtlich zugeordnet. Zudem erfolgt eine Darstellung der Bibliographie von Bernsteins Originalarbeiten in kyrillischer Schrift, die es in der vorliegenden Form noch nicht gibt. Dadurch ermöglicht sich durch die elektronische Verfügbarkeit dieser Arbeit erstmals eine erleichterte Literaturrecherche für die nachfolgende Forschung zu Bernsteins noch nicht gänzlich erschlossenem Lebenswerk.

⁶² MOSKVA 1964. *Knižnaja letopis'* Moskva : gosudarstvennyj bibliografičeskij ukazatel' Rossijskoj Federacii / Rossijskaja Kniznaja Palata. Kraus Ltd. (11.1917,9/10 - 14.1920; 24.1930 - 46.1952; 1953 - 1977; 1993 – 2014), von 1921-1925: MOSKVA 15.1921-19,1925. *Knižnaja letopis' Rossijskoj Central'noj Kniznoj Palaty pri Gosudarstvennom izdatel'stve*, Moskau, Kraus (Reprint 1964), 1925-1929: MOSKVA 19.1925-23.1929. *Knižnaja letopis' Gosudarstvennoj Central'noj Kniznoj Palaty RSFSR*, Moskau, Kraus (Reprint 1964). Sowie 1978-1992: MOSKVA 1978-1992. *Knižnaja letopis' / Naučno-Proizvodstvennoe Ob''edinenie Vsesojuznaja Kniznaja Palata*, Moskau.

⁶³ 1925-1929: *Ežegodnik Gosudarstvennoj Central'noj Kniznoj Palaty RSFSR* (ZDB-ID: 6095-1), siehe: MOSKVA 1.1925(1927)-5.1929(1931). *Ežegodnik Gosudarstvennoj Central'noj Kniznoj Palaty RSFSR : kniga v ... godu. Sistematičeskij ukazatel' knig.*, danach: MOSKVA 1935(1936);1941(1950)-1956. *Ežegodnik knigi SSSR : sistematičeskij ukazatel' / Ministerstvo Kul'tury SSSR, Vsesojuznaja Kniznaja Palata, Komitet po Pečati, Sovet Ministrov SSSR.*, sowie danach: MOSKVA 1957(1958)-1991(1994). *Ežegodnik knigi SSSR : sistematičeskij ukazatel' / Rossijskaja Kniznaja Palata*.

⁶⁴ *Žurnal'naja letopis' Gosudarstvennoj Central'noj Kniznoj Palaty RSFSR* (ZDB-ID: 798889-8) siehe: MOSKVA 1.1926-4.1929. *Žurnal'naja letopis' Gosudarstvennoj Central'noj Kniznoj Palaty RSFSR*, Kniznaja Palata. später: MOSKVA 5.1930-12.1937. *Žurnal'naja letopis : organ gosudarstvennoj bibliografii / Gosudarstvennaja Central'naja Kniznaja Palata RSFSR*, Moskau: Kniznaja Palata.(ZDB-ID: 7210-2), ab 1938 als: MOSKVA 13.1938-27.1952; 1953-2014. *Letopis' žurnal'nych statej : gosudarstvennyj bibliografičeskij ukazatel' Rossijskoj Federacii / Rossijskaja Kniznaja Palata*, Moskau: Izd. Kniznaja Palata.(ZDB-ID: 3349-2)

3 Nikolai Bernstein – Eine Ergobiographie

3.1 Die Jugendjahre (1896-1921)

3.1.1 Kindheit und Familie

Nikolai Alexandrowitsch Bernstein wurde am 5. Oktober 1896 in Moskau geboren.⁶⁵ Er war Sohn des renommierten Psychiaters Alexander Nikolajewitsch Bernstein⁶⁶ und der Krankenschwester Alexandra Karlovna Iogansson. Nikolai Bernstein genoss eine kulturell und intellektuell fördernde Erziehung.⁶⁷ So lernten Nikolai Bernstein und sein Bruder Sergej⁶⁸ früh das Klavierspiel und Fremdsprachen.⁶⁹ Bereits in jungen Jahren konnte Nikolai Bernstein Deutsch, Französisch, Italienisch, Englisch und Polnisch sprechen.⁷⁰ Dies kam ihm in seiner späteren Forschungstätigkeit zugute. Neben der Spracherziehung und Musik zählten auch andere bildende Künste zu einem wichtigen Bestandteil des Familienlebens. Als Freizeitbeschäftigung der Jugendjahre verfasste Nikolai Bernstein prosaische Texte im Stil bekannter Autoren.⁷¹ Zudem soll er schon im schulkindlichen Alter eine eigene Symphonie komponiert haben.⁷² Neben ihren Eltern hatten Nikolai und Sergej Bernstein auch andere wichtige Vorbilder in der Familie. So war der Onkel Sergej Nathanowitsch Bernstein⁷³ ein

⁶⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag., S. 27 sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁶ *Alexander Nikolajewitsch Bernstein* (Geburtsname: Solomon Natanovich Bernstein, 7. Mai 1870, Odessa – 26. Mai 1922, Moskau) war russischer und sowjetischer Psychiater, Psychotherapeut und Psychologe, sowie Professor der medizinischen Wissenschaften. Er gilt als einer der Pioniere der russischen psychoanalytischen Bewegung und beschrieb als erster die schizophrene Demenz und das im Russischen sog. „Bernstein Symptom“, als ein Frühzeichen der Katatonik.

Quelle: Übersetzung aus: WIKIPEDIA. 2017g. *Бернштейн, Александр Николаевич* [Online]. Available: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=89780834> [Accessed 21.12. 2017].

⁶⁷ Näheres zu Nikolai Bernsteins Elternhaus und Familie zu finden in: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. Ab S. 15 ff.

⁶⁸ *Sergej Alexandrowitsch Bernstein* wurde 1901 in Moskau geboren und wurde später Ingenieur. Quelle: ebd. S. 27-28

⁶⁹ Ebd. S.27, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 18

⁷¹ Näheres zur Jugend und Erziehung Nikolai Bernsteins auf russisch in: CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport), sowie in: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 16-17 ff.

⁷² Ebd.

⁷³ *Sergei Natanowitsch Bernstein* (5. März 1880, Odessa – 26. Oktober 1968, Moskau) war russischer Mathematiker und für seine Arbeiten zur Approximationstheorie und Funktionentheorie für Minimalflächen bekannt. Hierzu wurde nach ihm der sog. Satz von Bernstein benannt.

Quelle: WIKIPEDIA. 2017f. *Sergei Natanowitsch Bernstein* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sergei_Natanowitsch_Bernstein&oldid=169740450 [Accessed 21.02. 2018].

angesehener Mathematiker.⁷⁴ Der Großvater, Nathan Bernstein,⁷⁵ war Physiologe und Anatom.⁷⁶ Er publizierte in diesen Bereichen zahlreiche Werke, mit welchen der junge Nikolai Bernstein schon früh in Berührung kam.⁷⁷ Zudem arbeitete Bernsteins Großvater Nathan für eine kulturelle, sowjetisch-jüdische Zeitschrift.⁷⁸

Insgesamt nahm die Religion einen wichtigen Stellenwert in der Familie Bernstein ein.⁷⁹ Sie gehörten zu einer der gut integrierten und angesehenen jüdischen Familien in Moskau.⁸⁰ Regelmäßig fanden kulturelle Veranstaltungen im Hause Bernstein statt. Bei diesen kam Nikolai Bernstein mit verschiedenen Wissenschaftlern, Musikern und Literaten in Kontakt, welche meist Freunde seines Vaters waren.⁸¹

⁷⁴ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224., S.208 und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 18

⁷⁵ *Nathan Osipovich Bernstein* (1836, Brodi – 1891, Odessa) war russischer Arzt, Anatom und Physiologe. Er forschte und publizierte auch im Bereich der Neurophysiologie. Neben seiner ärztlichen und wissenschaftlichen Tätigkeit war er Herausgeber der russisch-jüdischen Zeitschrift *Zion*, bis jene Publikation im Jahre 1862 eingestellt wurde. Quelle: ROSENTHAL, H. 1906. Bernstein, Nathan Osipovich. *Jewish Encyclopedia*.

⁷⁶ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 253 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 20

⁷⁷ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁷⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 24

⁷⁹ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁸⁰ Ebd.

⁸¹ Ebd. Und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 29

3.1.2 Akademische Ausbildung

Nikolai Bernstein besuchte das 8. Städtische Gymnasium Moskaus. Dieses war unter dem Namen Medvednikova bekannt (russ.: *Медведникова*) und gehörte zu einer der renommiertesten Schulen der Stadt.⁸² Das Gymnasium verfügte über gut ausgestattete Labore für die Schulfächer Chemie und Physik, an welchen qualifizierte Dozenten arbeiteten.⁸³ Einige Fächer leiteten sogar Professoren der Moskauer Universität. Sie unterrichteten insbesondere die sogenannten erweiterten Kurse in den Naturwissenschaften und Sprachen.⁸⁴ Die Grundzüge des Interesses für Sprachen, Musik und Naturwissenschaften, die Nikolai Bernstein von seinem Elternhaus erhalten hat, konnten so gefördert werden. Im Jahre 1913 schloss Bernstein seine gymnasiale Ausbildung mit Erhalt einer Silbermedaille ab.⁸⁵ Diese ist auch heute noch in Russland ein geltendes Äquivalent der Abiturnote. Die Auszeichnung einer Gold- oder Silbermedaille erleichterte den Absolventen eine spätere akademische Weiterbildung.⁸⁶ Bernstein schrieb sich noch im selben Jahr an der historischen Fakultät der *Lomonossov*-Universität Moskaus in den Studienfächern Geschichte und Philologie ein.⁸⁷ Kaum ein Jahr später wurde sein Studium von den Ereignissen des ersten Weltkrieges überschattet. Wie viele andere half Bernstein in einem der zahlreichen Lazarette, welche der Krieg hervorbrachte.⁸⁸

Möglicherweise beeinflussten die dort gesammelten Erfahrungen und Bernsteins medizinisch geprägtes Elternhaus seinen weiteren Weg. So wechselte er im Jahre 1915 das Studienfach zur Humanmedizin.⁸⁹ Bernstein zeigte einen großen Lernerfolg und schloss das

⁸² MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 207

⁸³ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 28

⁸⁴ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport)., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁸⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 29

⁸⁶ RODE, O. 2015. *Russisches Leben: Geschichten aus Russland*, Bayreuth, Verlag Kern. S. 6 ff.

⁸⁷ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport). Und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 29

⁸⁸ GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 10-11, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁸⁹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 58

Studium im Jahre 1919 nach nur 4 Jahren mit einer verkürzten Studienzeit ab, was in den Kriegsjahren durch die vermehrt notwendigen Fachkräfte keine Seltenheit war.⁹⁰

Im letzten Jahr seiner akademischen Laufbahn sammelte Nikolai Bernstein studienbegleitend praktische Erfahrungen. Gemeinsam mit seinem Vater arbeitete er an der Psychiatrischen Klinik Moskaus.⁹¹

3.1.3 Dienst in der Roten Armee

Die politisch unruhige Zeit beeinflusste Bernsteins Laufbahn auch nach seinem Studienabschluss. So arbeitete er im postrevolutionären Bürgerkrieg⁹² als Arzt der Roten Armee.⁹³ Während dieser Zeit erreichten viele Briefe seine in Moskau verbliebene Familie.⁹⁴ Neben Berichten über seine alltägliche Arbeit schrieb Bernstein auch über interessante Erfahrungen mit dem ihm begegnenden technischen Fortschritt an der Front.⁹⁵ Insbesondere die Funktionsweise von Zügen schien sein Interesse geweckt zu haben. Diese Leidenschaft teilte er mit seinem Bruder Sergej. Bereits in Kindheitsjahren erforschten die Brüder den technischen Aufbau und die Funktionsweise von Maschinen.⁹⁶ Dieses Interesse begleitete Bernstein auf seinem Forschungsweg und wurde später noch von Vorteil.

Durch eine Versetzung zum Bau von Brücken und Gleisen an die Ostfront Kazans wendete sich Bernsteins ärztliche Tätigkeit in eine technische Arbeit.⁹⁷ Laut Bernsteins Schülers Josef Feigenberg schien Grund der Versetzung eine Kontroverse mit Vorgesetzten gewesen zu sein.⁹⁸ Es ist aber auch eine weitere Erklärung für die Versetzung denkbar: An der östlichen Kriegsfront wurden in jenen Jahren gezielt Soldaten der Roten Armee als Gleisarbeiter eingesetzt.⁹⁹ Die fehlende Infrastruktur sollte rasch ausgebaut werden, um eine umfassende Erreichbarkeit der entlegensten sowjetischen Gebiete zu erlauben.¹⁰⁰ Es ist somit

⁹⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 32

⁹¹ Ebd. S. 32, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁹² MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

⁹³ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 253

⁹⁴ Deren Inhalt schildert der Zeitgenosse L. Chkhaidze in seiner Publikation über Nikolai Bernsteins Lebenswerk: CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁹⁵ Ebd.

⁹⁶ Ebd.

⁹⁷ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 32

⁹⁸ Ebd. S. 32

⁹⁹ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 47

¹⁰⁰ Ebd. S. 47

möglich, dass auch das Regiment, welchem Nikolai Bernstein zugeteilt war, zu diesen Arbeitern zählte.¹⁰¹

Auch wenn die Relevanz dieser Arbeit für den Fortgang des Forschungsweges Bernsteins zunächst befremdlich wirken kann, sollten die daraus gezogenen Erfahrungen später bedeutsam werden. Ungelernte Arbeiter, welche in kurzer Zeit handwerklich anspruchsvolle Arbeitsbewegungen erlernen mussten, wurden zu einem der Schwerpunkte in Bernsteins Wissenschaft. Im Jahre 1921 kehrte Nikolai Bernstein zunächst jedoch nach Moskau zurück.¹⁰² Er folgte Vorlesungen in Musik und Mathematik und begann seine erste wissenschaftliche Arbeit.¹⁰³

¹⁰¹ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С. В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

¹⁰² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 32

¹⁰³ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

3.2 Bernstein und die Analyse der Biomechanik (1920-1925)

3.2.1 Politische und historische Hintergründe

Um den Forschungsweg Bernsteins besser verstehen zu können, sind auch die sozialen, politischen und kulturellen Hintergründe wichtig. Bernstein lebte und arbeitete zu einer Zeit der politischen Spannungen und Veränderungen in der Sowjetunion und auch der restlichen Welt. Mit Aufstieg des bolschewistischen Regimes im postrevolutionären Russland,¹⁰⁴ prägten die Lehren und Theorien von Marx die Gesellschaft. In den Naturwissenschaften fand der *Dialektische Materialismus* seinen Einzug.¹⁰⁵ Nach dieser Lehre wurde der Ausgangspunkt jeder Existenz in der Materie gesehen.¹⁰⁶

Der materielle Ursprung wurde zu einem Schwerpunkt in den Naturwissenschaften. Auch die physikalischen, psychologischen und sozio-ökonomische Zusammenhänge in der Natur wurden auf diesem Boden analysiert.¹⁰⁷ Zum *Dialektischen Materialismus* gehört weiter auch eine dialektische Entwicklung in der Natur.¹⁰⁸ Das bedeutet, dass sich die materielle Realität durch innere Gegensätze und Spannungen stets in einer Phase der Veränderung und Weiterentwicklung befindet.¹⁰⁹ Die neuen Schwerpunkte wurden in Form einer intensiven Förderung der wissenschaftlichen Fachbereiche durch die Politik unterstützt. Die führenden Parteien zeigten ein großes Interesse am wissenschaftlichen Fortschritt.¹¹⁰ Zum einen, um im internationalen Vergleich eine führende Rolle einzunehmen, zum anderen aber auch, um eine wissenschaftlich unterstützte Grundlage für die parteikonformen Lehren zu erreichen.¹¹¹

¹⁰⁴ Nach dem Bürgerkrieg zwischen den Bolschewiki (den „Roten“) und den „Weißen“ (Sammelbezeichnung für alle gegnerischen Parteien) in Folge der Oktoberrevolution 1917, wurde am 30. Dezember 1922 formell die Sowjetunion ausgerufen.

Quelle: WIKIPEDIA. 2018b. *Geschichte der Sowjetunion* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geschichte_der_Sowjetunion&oldid=173163078 [Accessed 21.11. 2018].

¹⁰⁵ WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienuche*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 22 ff

¹⁰⁶ SAUERLAND, P. D. D. 2019. *Dialektischer Materialismus* [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dialektischer-materialismus-29032/version-252652> [Accessed 02.02. 2019].

¹⁰⁷ WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienuche*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 22 ff

¹⁰⁸ SAUERLAND, P. D. D. 2019. *Dialektischer Materialismus* [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dialektischer-materialismus-29032/version-252652> [Accessed 02.02. 2019].

¹⁰⁹ Ebd.

¹¹⁰ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 209

¹¹¹ WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienuche*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 22

Dadurch erfuhren naturwissenschaftliche Einrichtungen in den 1920er bis 1930er Jahren einen strukturellen Aufschwung.¹¹² Zu den damit einhergehenden Veränderungen zählten Zusammenschlüsse von zuvor eigenständigen, kleinen Instituten bis hin zu großen, zentral geleiteten Fachabteilungen.¹¹³ Dadurch ließen sich die Institute besser steuern, was auch bedeutete, dass parteikonforme Mitglieder bevorzugt an Führungspositionen gesetzt wurden.¹¹⁴ Das geschah auch in den ersten beiden Forschungsstätten Nikolai Bernsteins, dem Psychologischen Institut und dem Zentralen Institut für Arbeit Moskaus.¹¹⁵ Neben den neuen Strukturen in den Naturwissenschaften, beeinflusste die Politik auch die wissenschaftlichen Inhalte. Außer dem *Dialektischen Materialismus* gehörte dazu aus dem Bereich der Psychologie die Tätigkeitstheorie. Ihr zufolge ist die menschliche Psyche von körperlicher Tätigkeit, speziell durch die Arbeit, geprägt.¹¹⁶ Die naturwissenschaftliche Erforschung der Arbeit wurde somit von gesellschaftlichem und politischem Interesse. Dies wurde auch Inhalt von Nikolai Bernsteins früherer Forschung.

3.2.2 Das Zentrale Institut für Arbeit

Im Jahre 1920 eröffnete in Moskau das neue Zentrale Institut der Arbeit (Russisch: *Центральный институт труда* = TsIT).¹¹⁷ Unter der Leitung von Alexei Gastev¹¹⁸ war dort ein zentrales Forschungsobjekt die Effizienzsteigerung der körperlichen Arbeit.¹¹⁹

Durch die Folgen des ersten Weltkrieges und dem anstehenden Wiederaufbau von Wirtschaft und Infrastruktur, wurde ein Aufschwung in der Wissenschaft und Ökonomie ein

¹¹² MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 209

¹¹³ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale di storia della scienza*, 43, 239-71. S. 258-259

¹¹⁴ Ebd. S. 258-259

¹¹⁵ Näheres dazu s. Ebd.

¹¹⁶ WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienforschung*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 22 ff.

¹¹⁷ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 48

¹¹⁸ *Alexei Kapitanovich Gastev* (1882-1939) war ein früherer Befürworter der wissenschaftlichen Organisation der Arbeit und proletarischer Dichter des post-revolutionären Russlands. Er war ab 1920 Leiter des durch Lenin eröffneten Zentralen Instituts für Arbeit. Gastevs Ziel war eine Standardisierung und Automatisierung des Arbeiters. Im Jahre 1938 wurde A. Gastev aufgrund „konter-revolutionärer und terroristischer Absichten“ arrestiert und zwischen 1939-1941 hingerichtet. Quelle: DUSAN, B. 2017. *Aleksei Gastev* [Online]. Available: https://monoskop.org/index.php?title=Aleksei_Gastev&oldid=84803 [Accessed 20.12. 2017].

¹¹⁹ GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 9-10, und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 35 ff. sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

wichtiges Ziel.¹²⁰ Hierzu wurden auch die Arbeitsbewegungen zu ihrer Verbesserung analysiert. Überflüssige Bestandteile der Bewegung sollten erkannt und die Arbeitsbewegungen zu einer rationalisierten und effektiven Form verändert werden.¹²¹ Somit würden die vielen neuen Arbeitskräfte direkt eine effizientere Arbeitsweise erlernen.¹²² Das passte auch zu der sowjetischen Idee eines neuen Menschen, welcher zu einer besseren Form seiner Selbst verändert werden konnte.¹²³ In dem Zusammenhang waren unter anderem auch die Reflextheorien Pavlovs bekannt.¹²⁴

Neben den Theorien sowjetischer Wissenschaftler wurden auch ausländische Theorien in die neu entstehende Arbeitstheorie integriert. Ein Beispiel sind die Arbeiten des amerikanischen Wissenschaftlers F.W. Taylor, dessen Theorien über das *Scientific Management*¹²⁵ sich auch in sowjetischen Forschungen rund um die Arbeitstheorie wiederfinden.¹²⁶ Die eigenen sowjetischen Naturwissenschaften wurden aber immer weiter ausgebaut. Sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich sollte eine international führende Position durch die Sowjetunion eingenommen werden. Dadurch entstand zu dieser Zeit ein starkes Wachstum in den relevanten Fachbereichen.¹²⁷

Für das Ziel des wirtschaftlichen Aufbaus war eine Generation an effizienten Arbeitern zur Steigerung der Produktivität notwendig. Die Grundlagen für deren Lehren zu schaffen, war auch Bestandteil der Arbeiten am TsIT. Entsprechend des Leitbildes des

¹²⁰ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport), sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹²¹ PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 9

¹²² Ebd. S. 9

¹²³ Mehr hierzu: BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 75 ff., und: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 101

¹²⁴ Näheres zu Pavlovs Theorien in der sowjetischen Psychologie der späten 1920er Jahre: VEITH, H. 2001. *Das Selbstverständnis des modernen Menschen*, Frankfurt, Campus Verlag. S. 251 ff.

¹²⁵ Taylorismus: „Ziel ist die Steigerung der Produktivität menschlicher Arbeit. Dies geschieht durch die *Teilung der Arbeit* in kleinste Einheiten, zu deren Bewältigung keine oder nur geringe Denkvorgänge zu leisten und die aufgrund des geringen Umfangs bzw. Arbeitsinhalts schnell und repetitiv zu wiederholen sind“ aus: GABLER-VERLAG Taylorismus. *Gabler Wirtschaftslexikon*. Springer Gabler Verlag. URL:

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55478/taylorismus-v11.html>

¹²⁶ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 246

¹²⁷ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 74

Materialismus wurden hierzu passende Theorien genutzt. Dazu zählte, wie zuvor erwähnt, die Reflextheorie nach Pavlov.¹²⁸

Pavlovs Arbeiten passten zu dem wissenschaftlichen Ziel, die Realität und jedes Handeln auf einer materiellen Ebene erklären zu können. Zudem konnte durch die Reflextheorie eine Steuer-, und Kontrollierbarkeit des Menschen gezeigt werden.¹²⁹

Der Leiter des Zentralen Instituts für Arbeit, A. Gastev, setzte die Reflextheorie in seinen Arbeiten um. Er wollte die Effizienz der Arbeiter durch eine Schulung ihrer Reflexe steigern.¹³⁰ Seine Herangehensweise wurde jedoch bald von den zentralen Leitungsinstanzen des naturwissenschaftlichen Instituts kritisiert. Gastevs Forschungsansatz galt als zu radikal materialistisch ausgerichtet.¹³¹ Im führenden *Dialektischen Materialismus* waren auch die Zusammenhänge der Materie auf physischer, organischer, psycho-ökonomischer und Bewusstseinssebene wichtig¹³² und Gastev reagierte auf die Kritiken indem er einen neuen und multimodalen Forschungsansatz wählte.¹³³ Der Arbeiter sollte nicht mehr einzig als Organisator seines Körpers und dessen Funktionen betrachtet werden.¹³⁴ Um die Zusammenhänge der Funktionsweise des menschlichen Körpers besser verstehen zu können, bot die biomechanische Analyse einen Anfang.¹³⁵

¹²⁸ SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 71

¹²⁹ Siehe: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 110

¹³⁰ SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 71

¹³¹ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208, sowie: SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 72

¹³² WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienforschung*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 24

¹³³ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

¹³⁴ SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 72

¹³⁵ Ebd. S. 72

3.2.3 Nikolai Bernsteins Arbeit am Labor für Biomechanik

Ein neues Labor für Biomechanik entstand am TsIT. Nikolai Bernstein wurde 1922 am dortigen Forschungslabor eingestellt und wenig später dessen Leiter.¹³⁶ Einen Einfluss auf Bernsteins Anstellung hatte sein ehemaliger Studienkollege Krikor Kekcheev.¹³⁷ Er kannte das Interesse und die Kompetenz Nikolai Bernsteins im Bereich der Biomechanik, Physiologie und Psychologie und empfahl ihn weiter.¹³⁸

Zu dem ersten Forschungsobjekt Bernsteins zählte die Schlagbewegung eines Schmiedes mit Hammer und Meißel.¹³⁹ Durch seine Erfahrung an der Kriegsfront Kazans, wo er mit ungelerten Arbeitskräften für den Schien- und Brückenbau eingesetzt wurde, wusste Bernstein, wie schwer professionelle Arbeitsbewegungen zu erlernen waren.¹⁴⁰ Sicherlich kam ihm dies bei seiner bevorstehenden Aufgabe zu Nutzen. Neben einer Rationalisierung der Arbeit sah Bernstein in der Erforschung der menschlichen Biomechanik auch eine Möglichkeit für neue Erkenntnisse über die Funktion des zentralen Nervensystems.¹⁴¹

Bernstein befasste sich auch zuvor schon mit der Neurologie und Psychiatrie. Ein Jahr vor Beginn seiner Tätigkeit am TsIT arbeitete er gemeinsam mit seinem Vater an der Psychiatrischen Klinik Gilyarovsky in Moskau.¹⁴² Seine Erfahrungen aus dieser Zeit konnten in den neuen multimodalen Forschungsansatz Gastevs am TsIT einfließen.¹⁴³

¹³⁶ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 253-254, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹³⁷ Krikor Kekcheev (1893-1948) graduierte gemeinsam mit N. Bernstein an der Universität Moskaus und war 1921-1925 Leiter der Abteilung für Wissenschaft im Bereich der Arbeitsphysiologie am TsIT. Sein Schwerpunkt lag in der Wissenschaft zur Psychophysiologie der Arbeit, insbesondere Sensorik und Propriozeption. PEOPLES.RU. 2011. *Крикoр Кекчeев (Krikor Kekcheev)* [Online]. Available: https://www.peoples.ru/science/psihology/krikor_kekcheev/ [Accessed 20.08. 2017].

¹³⁸ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 253-254, sowie in: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 35 und: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹³⁹ BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханики удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* 1, 19-79., sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁴⁰ Ebd. Sowie CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

¹⁴¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 16-18

¹⁴² Ebd. S. 32-33

¹⁴³ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

3.2.4 Einflüsse der Wissenschaft von C.Braune & O.Fischer

Zum Einstieg setzte Nikolai Bernstein sich viel mit bereits erfolgten Experimenten zur Bewegungsaufzeichnung und Bewegungsphysiologie auseinander. Das geschah auch auf internationaler Ebene. So gehörten die Arbeiten der deutschen Forscher C.W. Braune und O. Fischer¹⁴⁴ dazu. In ihrem gemeinsamen Werk *Der Gang des Menschen*,¹⁴⁵ bauten Braune und Fischer aus Filmaufnahmen von Bewegungen des menschlichen Ganges Theorien zur deren Konstruktion auf. An diesem Punkt setzte auch Nikolai Bernsteins Forschung am TsIT an.¹⁴⁶ Durch Braune und Fischer wurde bereits eine Methodik zur Aufzeichnung der Bewegung entwickelt.¹⁴⁷ Dies war die Chronophotographie.¹⁴⁸ Über fotografische Aufnahmen der Bewegungen war es möglich, verschiedene Schwerpunkte, Kraftpunkte und Beschleunigungen der Gliedmaßen zu analysieren. Daraus konnten erste Schlussfolgerungen über die damit verbundene Aktivität des zentralen Nervensystems abgeleitet werden.^{149,150} Aus ihren Analysen beschrieben Braune und Fischer eine annähernd lineare Beziehung zwischen einem zentralen Impuls und der peripheren Bewegung.¹⁵¹ Abweichungen, welche sich in den aufgezeichneten Bewegungslinien zeigten, deuteten sie als Messunsicherheit oder Artefakte.¹⁵²

Dieser Punkt war in Bernsteins Analysen anders. In seiner Arbeit legte Bernstein stets Wert auf eine hohe Präzision und Detailliertheit.¹⁵³ Gerade in den feinen Nuancen der

¹⁴⁴ Christian W. Braune (1831-1892) war ein deutscher Anatom, der gemeinsam mit dem Mathematiker und Physiologen Otto Fischer (1861- 1916) im Gebiet der Biomechanik forschte. Eine Zusammenfassung der Werke Braunes und Fischers findet sich in: DAVIS, B. L., RANA, M.V., LEVIS, A. 2001. Human Gait and Joint Mechanics:Is The pendulum swinging back to passive dynamics? - Chapter-by-Chapter Summary of Braune and Fischer's Work. In: LATASH, M. L., ZATSIORSKY V.M. (ed.) *Classics in Movement Science* Leeds, United Kingdom: Human Kinetics. S. 93 ff.

¹⁴⁵ FISCHER, O. B., C.W. 1899. *Der Gang des Menschen*, Leipzig, B.G. Teubner.

¹⁴⁶ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁴⁷ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 59

¹⁴⁸ Hierzu: BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

¹⁴⁹ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95

¹⁵⁰ Siehe: FISCHER, O. B., C.W. 1899. *Der Gang des Menschen*, Leipzig, B.G. Teubner.

¹⁵¹ Hierzu siehe: DAVIS, B. L., RANA, M.V., LEVIS, A. 2001. Human Gait and Joint Mechanics:Is The pendulum swinging back to passive dynamics? - Chapter-by-Chapter Summary of Braune and Fischer's Work. In: LATASH, M. L., ZATSIORSKY V.M. (ed.) *Classics in Movement Science* Leeds, United Kingdom: Human Kinetics. Ab S. 150 ff.

¹⁵² Hierzu siehe: ebd. ab S. 150 ff.

¹⁵³ BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 23

Bewegungskomponenten sah er den wichtigsten Baustein zum Verständnis der Bewegungsphysiologie und der Konstruktion durch das zentrale Nervensystem.¹⁵⁴ Für die aufgezeichnete Bewegungslaufbahn und die Gelenkpunkte errechnete Bernstein detaillierte Vektoren zu Beschreibung und Darstellung der verschiedenen Kraftverläufe.¹⁵⁵ Auch jede Differenz von der Norm wurde einbezogen. Es zeigte sich immer deutlicher, dass ein Schlüssel für das Verständnis der Funktion des zentralen Nervensystems gerade in der Analyse der Abweichungen der Bewegungskomponenten von einem Mittelwert lag.¹⁵⁶

3.2.5 Eine Optimierung der Aufzeichnungsmethodik

Für eine detaillierte Analyse der Bewegung wurde eine Verbesserung der Aufnahmemöglichkeiten nötig.¹⁵⁷ Die bislang gängige Methode, die Chronophotographie nach Braune und Fischer, erlaubte bereits präzise Aufnahmen. Bernstein bemängelte jedoch die Schwerfälligkeit der Konstruktion. Durch die angebrachten Lichtquellen an den Versuchspersonen wurde deren Bewegung beeinflusst und die Aufnahmen dadurch in ihren Details verfälscht.¹⁵⁸

Bernstein suchte nach einer Methode, um präzise Aufnahmen ohne einen mechanischen Einfluss auf die Versuchsperson zu erstellen, welche zudem die Möglichkeit einer mathematischen Dechiffrierung der Bilder bot.¹⁵⁹ Für seine Arbeiten am TsIT nutzte

¹⁵⁴ Ebd. S. 23

¹⁵⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 45, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁵⁶ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95

¹⁵⁷ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 60 ff., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁵⁸ BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

¹⁵⁹ Ebd. S. 783, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 35-38

Bernstein die durch das Ehepaar Gilbreth¹⁶⁰ bereits 1915 eingeführte Technik der Chronozyklographie.¹⁶¹

Die Chronozyklographie beinhaltete Aufnahmen feiner Lichtquellen an den Gelenkpunkten der Versuchspersonen, welche lokomotorische Bewegungen im Raum erfassen konnten.¹⁶² Ein Problem waren die sich wiederholenden zyklischen Bewegungen. In diesem Fall überschneiden sich die entstandenen Bewegungslinien auf der aufnehmenden lichtempfindlichen Platte.¹⁶³ Dadurch wurde die Analyse von Bewegungen mit kleinem Radius ungenau.

Bernstein und seine Mitarbeiter am TsIT arbeiteten an einer Optimierung dieser Problemstellung. Im Jahre 1924 konstruierte der Ingenieur A. Jalowy nach Bernsteins Entwurf eine veränderte Version der Chronozyklographie.¹⁶⁴ Eine wichtige Veränderung betraf die Bewegung der Versuchsperson um die lichtempfindliche Platte, wie es bei der Chronozyklographie der Fall war. Stattdessen wurde zur Vermeidung von Überschneidungen der Bewegungslinien die Aufnahmeplatte um die Versuchsperson bewegt.¹⁶⁵

Hierzu erweiterte A. Jalowy den Zyklograph um eine Glasplatte mit der Möglichkeit für Translationsbewegungen.¹⁶⁶

Die Überarbeitung der Aufnahmemethoden wurde in den folgenden Jahren einer der Inhalte von Bernsteins Arbeit. Zunächst erhielt er aber bereits zu diesem Zeitpunkt einen präziseren Einblick in die Bewegungsanalyse.

¹⁶⁰ Frank B. Gilbreth (1868-1924), amerikanischer Bauunternehmer und Unternehmensberater, befasste sich mit Hilfe seiner Gattin Lillian Gilbreth (1878-1972) Psychologin und Wirtschaftsingenieurin, mit der Bewegungsstudie. Das Ehepaar untersuchte Bewegungen mit Hilfe von Filmaufnahmen nach Rationalität und Effektivität. In diesem Zusammenhang widmeten sie sich auch der Arbeitsermüdung und Möglichkeiten zur Anpassung von Arbeitsbedingungen an den Menschen.

Quelle: ALBERS, W. 1977. Historische Entwicklung der Arbeitsstudien. *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft* Tübingen: Vandenhoeck&Ruprecht. S. 311-312

¹⁶¹ BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782. S. 783, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁶² GAINTY, C. 2016. Mr. Gilbreth's Motion Pictures — The Evolution of Medical Efficiency. *New England Journal of Medicine*, 374, 109-111.

¹⁶³ BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782. S. 783

¹⁶⁴ Ebd., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁶⁵ BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782. Siehe hier Bernsteins Anmerkung auf S. 783 Fußnote 3.

¹⁶⁶ Ebd. Siehe hier Bernsteins Anmerkung auf S. 783 Fußnote 3.

3.2.6 Analyse der Arbeitsbewegung

Bereits bevor Bernstein die Aufnahmemethodik erweiterte, erstellte er zahlreiche Aufnahmen seines ersten Versuchsobjektes (der Schlagbewegung von Hammer und Meißel) in Form von Bewegungslinien. Auch wenn Bernstein selbst durch die Ausbildung während seiner Studienzeit über Kenntnisse der Mathematik verfügte,¹⁶⁷ erwies sich eine Zusammenarbeit mit erfahrenen Fachkollegen zur Analyse der erhaltenen Aufzeichnungen als hilfreich. Bernstein lud in diesem Zusammenhang die Mathematikerin und Ehefrau seines Bruders, Tatjana Popova, als wissenschaftliche Kollegin an das TsIT. Dort schloss sie sich 1923 Bernsteins Laboratorium für Biomechanik an.¹⁶⁸

Die Arbeit am TsIT nahm somit auch im privaten Umfeld Bernsteins einen großen Raum ein.¹⁶⁹ So stellt es auch Bernsteins Schüler und Zeitgenosse J. Feigenberg¹⁷⁰ dar. Bernstein lebte gemeinsam mit seinem Bruder und Tatjana Popova in einem Moskauer Apartment und heiratete 1923 eine Angestellte des Forschungslaboratoriums, Anna Isaakovna Rudnik.¹⁷¹ Es scheint naheliegend, dass die Forschungsarbeit auch außerhalb des Laboratoriums häufig im Hause Bernstein diskutiert wurde. Insgesamt war die Arbeitsphase am TsIT eine wichtige Station auf Bernsteins Forschungsweg.

Die Bewegungsaufzeichnungen und deren mathematische Analysen brachten Bernstein und seinen Mitarbeitern erste wichtige Einblicke in die Biomechanik des Bewegungsapparates. Das stand anfangs vor dem Ziel einer Optimierung und Rationalisierung der Bewegung. Hierzu musste zunächst die optimale Bewegung gefunden werden. Bernstein beobachtete in diesem Zusammenhang, dass sich die Bewegungslinien der Hammerspitze beim Schlag auf den Meißel nahezu regelmäßig wiederholten.¹⁷² Die übrigen Glieder der Bewegungskette zeigten aber eine hohe Variabilität. So waren zum Beispiel die Lage der Gelenke, die Kraftverläufe und das Zusammenwirken der Muskelgruppen bei jeder

¹⁶⁷ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

¹⁶⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 36-38

¹⁶⁹ Ebd. S. 39

¹⁷⁰ *Josef Feigenberg* ist Schüler Nikolai Bernsteins. Er erhielt den Medizinischen Doktorandengrad am 2. Medizinischen Institut Moskaus und den Doktorgrad der Philosophie vom Moskauer Institut für Höhere Medizinische Bildung. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt lag u.a. im Bereich der Theorien zur probabilistischen Prognose in Psychologie und Pädagogik. Er war zur Zeit der Erstellung dieser Arbeit emeritierter Professor für Psychophysiologie in Israel.

Quelle: 2002. Contributors. *Science & Education*, 11, 419-421. S. 419

¹⁷¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 39

¹⁷² LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience *Dexterity and its Development*. L. Erlbaum Associates. S. 281, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

aufeinanderfolgenden Bewegung unterschiedlich.¹⁷³ Das Ziel, der erfolgreiche Schlag, wurde aber jedes Mal erreicht.¹⁷⁴

Zunächst suchte Bernstein eine Ursache dessen in der natürlichen Komplexität der Physiologie und Anatomie des menschlichen Bewegungs- und Stützapparates.¹⁷⁵ Er sah anfangs davon ab, überleitet neue Theorien über die Funktion des zentralen Nervensystems im Rahmen der Bewegungsphysiologie zu erstellen.¹⁷⁶

Seine ersten Erkenntnisse aus der biomechanischen Analyse von Arbeitsbewegungen stellte er in Publikationen über die Allgemeine Biomechanik und Biomechanik für Konstrukteure ausführlich dar.¹⁷⁷ Was Bernstein in der Variabilität der Bewegung erkannte, war die Möglichkeit, dass außer den bekannten Muskelkräften noch weitere, nicht-muskuläre Kräfte auf die Bewegung einwirkten.¹⁷⁸ Bernstein beschrieb diese unter anderem als Reaktions- und äußere Trägheitskräfte.¹⁷⁹

Dadurch zeigte sich eine noch weitaus höhere Komplexität des Bewegungsaktes als bis dahin angenommen. Bernstein hatte zum Ziel, die zentralen Abläufe in Koordination und Kontrolle des Bewegungssystems besser verstehen zu können.¹⁸⁰ Die zu diesem Zeitpunkt bekannten Bewegungstheorien konnten Bernsteins Fragen zur Steuerung eines so komplexen Systems nicht beantworten.

¹⁷³ LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience *Dexterity and its Development*. L. Erlbaum Associates. S. 281, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁷⁴ Ebd. Und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S.42 ff.

¹⁷⁵ BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 23

¹⁷⁶ Ebd. S. 23

¹⁷⁷ Diese Arbeiten wurden 1926 durch das TsIT publiziert. BERNSTEIN, N. A. 1926b. *Общая биомеханика: Основы учения о движениях человека (Allgemeine Biomechanik - Grundlagen der Lehre der Bewegung des Menschen)*. *Общая биомеханика (Allgemeine Biomechanik)*. Moskau: ЦИТ - ВЦСПС (TsIT - Zentrales Institut für Arbeit), sowie: BERNSTEIN, N. A. 1926a. *Биомеханика для инструкторов (Biomechanik für Instruktoren)*, Moskau, Новая Москва (Nov. Moskva). Siehe auch: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 40-41

¹⁷⁸ GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S.10

¹⁷⁹ BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханики удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* 1, 19-79. S. 79

¹⁸⁰ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 248

3.2.7 Erste Gegenüberstellung der Reflextheorie

Im Bereich der Bewegungswissenschaften in der Sowjetunion war die Reflextheorie Pavlows anerkannt.¹⁸¹ Über die Konstruktion der Bewegung beschrieb Pavlov unter anderem, dass Bewegungsabfolgen in kortikalen Zentren gespeichert werden. Durch einen externen Stimulus werden verschiedene Muskelgruppen über den kortikal gespeicherten Impuls aktiviert und in eine Bewegung umgewandelt.¹⁸² Er beschrieb eine lineare Beziehung zwischen einem zentralen Bewegungskommando und der peripher sichtbaren Bewegung.

Bernstein fand jedoch in seinen Analysen viele verschiedene Varianten von Bewegungsabläufen, die aber erfolgreich zum Ziel führten. Die Details der Bewegungen wiederholten sich nicht. Dies passte nicht zu einer einfachen, linearen Verbindung zwischen dem zentralen Nervensystem und der endgültigen Bewegung.¹⁸³ Bernsteins Theorien trennten sich so inhaltlich schon früh von den Reflextheorien Pavlows, auch wenn Bernstein noch Jahre später keinen wirklichen Bruch mit ihnen durchführte.¹⁸⁴

Näheres zu der Kontroverse zwischen Nikolai Bernstein und Pavlov findet sich in einer gesonderten Arbeit am Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.¹⁸⁵ An dieser Stelle wird daher nur kurz und für das Verständnis der nachfolgenden Ereignisse auf die besondere Beziehung zwischen Bernstein und Pavlov eingegangen. Bernstein setzte sich nämlich auch während seiner Arbeit am TsIT öffentlich mit der Reflextheorie auseinander.¹⁸⁶ Er mahnte zur Vorsicht, die Ergebnisse aus Experimenten zur Konditionierung auf die Erforschung der Arbeitsbewegung zu übertragen.¹⁸⁷ Zur selben Zeit schien zwischen Bernstein und Pavlov auch ein persönlicher

¹⁸¹ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 263 ff. und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 101

¹⁸² VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 5

¹⁸³ BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханике удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* 1, 19-79. S. 79, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279. Und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 42

¹⁸⁴ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 117

¹⁸⁵ Autorin: Anna Gordeev. Vorläufiger Titel: GORDEEV, A. 2020. Bernstein versus Pawlow – eine Kontroverse zur Reflextheorie. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der Medizinischen Fakultät der Heinrich Heine Universität Düsseldorf.

¹⁸⁶ siehe hierzu: BERNSTEIN, N. A. 1924. Трудовые тренировки и условные рефлексy (Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда (Arbeitsorganisation)*, 4. Und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125.

¹⁸⁷ BERNSTEIN, N. A. 1924. Трудовые тренировки и условные рефлексy

Austausch bestanden zu haben. Bernstein besuchte nämlich im Jahre 1924 eines der Laboratorien Pavlovs in Leningrad.¹⁸⁸ Was der Inhalt einer Konversation zwischen den beiden bedeutenden Wissenschaftlern gewesen ist, ist bis heute nicht bekannt.

3.2.8 Ausstieg aus dem Zentralen Institut für Arbeit

Bernsteins Theorien entwickelten langsam einen Gegensatz zu der Reflextheorie. Während er am TsIT forschte, kam es jedoch durch andere Ursachen zu Kontroversen mit dem Institutsleiter A. Gastev.¹⁸⁹ Das anfängliche Ziel der Arbeitsgruppe Bernsteins war es, effizientere Trainingsmethoden für Arbeitsbewegungen zu erlangen. Deren Analysen zeigten aber, dass bei den komplexen und variablen Bewegungsabläufen nur schwer ein absolutes Bewegungsoptimum zu definieren war. Obwohl sich die Details der sich wiederholenden Bewegung unterschieden, führten sie jedes Mal zu einer erfolgreichen Ausübung der Bewegung (Abb. 2).

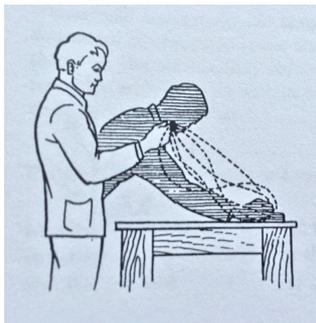


Abb.2: Darstellung einer wiederholenden Bewegung¹⁹⁰

Bei wiederholtem Aufheben einer Streichholzschachtel zeigt sich eine Varianz in den Bewegungslinien des Objektes.

Es war nicht möglich, eine bis in die feinsten Bestandteile wiederholende Bewegungsfolge zu schaffen. Folglich war es auch schwer, einen festen, optimalen Bewegungsablauf aufzubauen,

(Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда (Arbeitsorganisation)*, 4., sowie: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 33

¹⁸⁸ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 43-44, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 82 ff.

¹⁸⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 40, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁹⁰ Aus: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 136 Fig. 12

Copyright (© 2019) From *Dexterity and Its Development* by Latash M., Turvey, M. Reproduced by permission of Taylor and Francis Group, LLC, a division of Informa plc

welcher jedem Individuum identisch angelernt werden konnte.¹⁹¹ Dennoch fand Bernstein wichtige Grundlagen für ein verbessertes Arbeitstraining. Er schrieb dazu in einer Publikation (*Трудовые тренировки и условные рефлексы*, deutsch: Arbeitstraining und bedingte Reflexe), dass die Bewegung nicht nur durch eine mechanische Wiederholung und Einprägung eines motorischen Aktes gelernt werden konnte.¹⁹² Grund war eben jener, dass sich in jeder Bewegung nur wenige Anteile des Bewegungsablaufs stets genau wiederholten.¹⁹³ Daraus könnte man in Umkehr schließen, dass eine Konditionierung einer Bewegung nicht erfolgreich wäre.

Bernstein war bereits zu diesem Zeitpunkt klar, dass hinter den angenommenen Theorien zur Konstruktion der Bewegung mehr liegen musste, als bislang bekannt war. Sein Ziel, aus der Analyse der menschlichen Bewegung an die Hintergründe der Funktion des zentralen Nervensystems zu gelangen, schien jedoch nicht mit dem Ziel der Institutsleitung übereinzustimmen. Welche Kontroversen letztendlich zu einem Ausstieg Nikolai Bernsteins aus dem TsIT führten, sind nicht sicher bekannt. Durch die verschiedenen Ziele der Wissenschaftler erkennt man aber eine mögliche Ursache. Gastev versuchte durch die biomechanische Analyse der menschlichen Bewegung eine Analogie zwischen Mensch und Maschine zu finden.¹⁹⁴ Über ein Training der richtigen Reflexe sollte der Arbeiter verbessert werden können.¹⁹⁵ Bernsteins Forschung wandte sich aber bereits recht früh in eine andere Richtung. Dazu zählte nicht nur die langsame Entfernung der Bewegungswissenschaft Bernsteins von der Reflextheorie. Er entwickelte auch eine holistische Sicht auf die menschliche Bewegung, untrennbar in ihre Bestandteile. Denn bereits bei minimaler Veränderung eines Parameters veränderte sich die Struktur der Bewegung.¹⁹⁶ Es musste

¹⁹¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 40-42

¹⁹² Die Publikation: BERNSTEIN, N. A. 1924. *Трудовые тренировки и условные рефлексы* (Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда* (Arbeitsorganisation), 4., Vgl.: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 34

¹⁹³ Hierzu: BERNSTEIN, N. A. 1924. *Трудовые тренировки и условные рефлексы* (Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда* (Arbeitsorganisation), 4., sowie: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 34

¹⁹⁴ SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 71 u. S. 75

¹⁹⁵ Ebd.

¹⁹⁶ BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханики удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда* (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit) 1, 19-79. S.

bisher unbekannte Steuerfunktionen geben, deren Entdeckung für Nikolai Bernstein die größte Bedeutung einnahmen. Es wird deutlich, wie es in diesem Zusammenhang zu Kontroversen mit dem Institutsleiter Gastev kommen konnte. Nikolai Bernstein verließ im Jahr 1925¹⁹⁷ das TsIT gemeinsam mit seinen Kollegen T. Popova und E. Kekcheev.¹⁹⁸

Das Institut war zu dieser Zeit nicht Nikolai Bernsteins einzige Arbeitsstätte. Parallel war Bernstein bis zum selben Jahr auch am Institut für medizinische Pädologie angestellt.¹⁹⁹ Hier war Bernstein in der Abteilung für Kinderpsychiatrie und als Dozent in der Abteilung für Physiologische Psychologie tätig.²⁰⁰ Zusätzlich arbeitete Bernstein auch am Psychologischen Institut Moskaus.²⁰¹ Bernstein widmete sich somit in seiner Arbeit nicht nur der reinen Biomechanik, sondern hielt weiterhin auch die Verbindung zur Neurologie, Physiologie und Psychologie aufrecht. Es war der Beginn einer multimodalen Herangehensweise an die Erforschung des Bewegungssystems.²⁰²

101, sowie: SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 72

¹⁹⁷ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 248, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

¹⁹⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 43

¹⁹⁹ *Pädologie*: Ist eine Bezeichnung für die Lehre von Entwicklung und Wachstum des Kindes. Aus: SPEKTRUM. 2000c. *Pädologie* [Online]. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Available: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/paedologie/11087> [Accessed 20.02.2020 2020].

²⁰⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 41

²⁰¹ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 260, ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

²⁰² SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag.

3.3 Bernsteins Arbeit im Bereich der Psychologie (ab 1922)

3.3.1 Das Institut für Experimentelle Psychologie

Bernstein arbeitete ab etwa 1922 mit seinem Vater Alexander Nikolajewitsch Bernstein zusammen am Psychologischen Institut Moskaus.²⁰³ Alexander N. Bernstein war dort Psychiater und eines der wenigen ordentlichen Mitglieder.²⁰⁴ Vater und Sohn forschten unter der Leitung von Georgij Chelpanov²⁰⁵ einige Jahre gemeinsam.²⁰⁶

Wie zuvor bereits beschrieben, wurden die wissenschaftlichen Institute in der Sowjetunion zu dieser Zeit funktionell neu strukturiert.²⁰⁷ Das Psychologische Institut wurde dadurch im Rahmen einer Reorganisation zur Psychologischen Abteilung des Institutes für Wissenschaftliche Philosophie. 1924 wurde es als das Moskauer Staatsinstitut für experimentelle Psychologie wieder eine eigenständige Einrichtung.²⁰⁸ Im Zuge der Veränderungen wechselten auch die leitenden Positionen. Der ehemalige Institutsleiter Georgij Chelpanov, unter welchem Nikolai und Alexander Bernstein gearbeitet hatten, wurde durch Konstantin N. Kornilov²⁰⁹ ersetzt.²¹⁰

Kornilov führte die Reaktologie als Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten ein.²¹¹ Das sollte ermöglichen, die zentralen, psychologischen Vorgänge objektivierbar zu erforschen.²¹² Solch eine Darstellung der zentralen Vorgänge des Nervensystems und deren

²⁰³ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 260, ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

²⁰⁴ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 260

²⁰⁵ *Georgij Chelpanov* (1862-1936) war ein russischer Psychologe und Philosoph, sowie Gründer des Psychologischen Instituts Moskaus, an welchem er unter anderem an Verhaltenspsychologie und der Wahrnehmung von Raum und Zeit forschte. Als Gegner des Materialismus vertrat er die Anschauung, die marxistische Lehre ließe sich auf Sozialpsychologie, jedoch nicht auf die allgemeine Psychologie übertragen, welche frei von Philosophien sein sollte. Aus: PETROVSKI, A. V. 1979. Chelpanov, Georgii. *The Great Soviet Encyclopedia*. 3 ed.

²⁰⁶ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 260

²⁰⁷ Ebd. S. 258-259

²⁰⁸ Ebd. S. 264

²⁰⁹ *Konstantin N. Kornilov* (1879-1957) war russischer Psychologe und 1921-1930, sowie 1938-1941 Direktor des Institutes für Psychologie Moskaus. Sein Forschungsschwerpunkt lag u.a. in der Reaktion aus Psychologischer Sicht und der Willenskraft.

Quelle: WIKIPEDIA. 2017h. *Корнилов, Константин Николаевич (Kornilov, Konstantin Nikolajewitsch)* [Online]. Available: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=86018294> [Accessed 20.07.2017].

²¹⁰ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 262

²¹¹ Ebd. S. 264

²¹² SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 74

physikalischer, physiologischer und psychologischer Zusammenhänge passte zu den Theorien des *Dialektischen Materialismus*.²¹³ Man versuchte durch die Reaktologie Gesetze und Prinzipien zu finden, nach denen auch die geistigen Prozesse erklärt werden konnten.²¹⁴

Alexander N. Bernstein verstarb im Jahre 1922, doch sein Sohn Nikolai blieb als Forscher auch nach dem genannten Leitungswechsel bis zum Jahre 1928 festes Mitglied des Instituts.²¹⁵ Zu seinen Kollegen zählten Lew S. Wygotsky²¹⁶, Alexander R. Luria²¹⁷, und Solomon Gellershtein²¹⁸.

²¹³ Siehe hierzu vergleichend: WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indizienuche*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences. S. 22 ff, und: SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 264-65

²¹⁴ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 11

²¹⁵ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 266

Anmerkung: In einigen biographischen Abhandlungen wird auch eine Fortsetzung der Tätigkeit Bernsteins mit Unterbrechungen an diesem Institut bis in die 1940er Jahre beschrieben. Es lassen sich jedoch keine Publikationen oder sichere Nachweise dessen finden. Siehe zum Beispiel: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 105

²¹⁶ Lew Semjonowitsch Wygotski war ein sowjetischer Psychologe und gilt als der Begründer der unter den Bezeichnungen Kulturhistorische Schule und Tätigkeitstheorie bekannt gewordenen Strömungen in den Humanwissenschaften.

Quelle: Seite „Lew Semjonowitsch Wygotski“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. WIKIPEDIA. 2018d. *Lew Semjonowitsch Wygotski* [Online]. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lew_Semjonowitsch_Wygotski&oldid=173724974

[Accessed 07.07. 2018]. Über die gemeinsame Arbeit siehe: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag S. 54 ff.

²¹⁷ Alexander R. Luria (1902-1977) Studium der Psychologie in Kasan, ab 1923 am Psychologischen Institut in Moskau; 1924 lernte er in Leningrad L.S. Wygotski kennen. Mit A.N. Leontjew bildeten sie die sogenannte "Troika". Sie entwickelten in den folgenden 10 Jahren ein neues Psychologiekonzept, welches das Verständnis des Denkens, der Sprache, des Spiels und der Früherziehung von Kindern wesentlich beeinflusste.

Quelle: Seite „Alexander Romanowitsch Lurija“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.

Bearbeitungsstand: 13. September 2017, 22:32 UTC. WIKIPEDIA. 2017a. *Alexander Romanowitsch Luria* [Online]. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Alexander_Romanowitsch_Lurija&oldid=169065980

[Accessed 01.12. 2017].

²¹⁸ *Solomon G. Gellershtein* (1896-1967) war russischer Biologe und Psychologe. Zu seinen Schwerpunkten zählten die Psychologie der Arbeit, die Luftfahrtpsychologie und psychotechnische Theorien der Bewegung.

Quelle: Wikipedia, Russland. Bearbeitungsstand: 20.10.2016 10:14 UTC. WIKIPEDIA. 2016c.

Геллерштейн, Соломон Григорьевич (Gellershtein, Solomon Grigorevich) [Online]. Available: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=82585097> [Accessed 06.06 2017].

3.3.2 Auf dem Weg zu einer Psychophysiologie der Bewegung

Unter N. Kornilov zeigten sich die meisten Arbeiten des Instituts auf die Reaktologie ausgerichtet. So untersuchte zum Beispiel A. Luria die menschliche Erinnerung im Sinne einer *reproduktiven Reaktion*.²¹⁹ L. Vygotsky betrachtete die Regulation des menschlichen Bewusstseins im Rahmen der Reaktologie.²²⁰ Auch Bernstein folgte diesem Weg. Seine Erfahrung mit der Chronozyklographie passte hier besonders zur erstrebten Objektivierbarkeit in der psychologischen Forschung.²²¹ Im Jahr 1924 wurde Bernstein auch Leiter des Labors für Bewegungsforschung.²²² Er untersuchte anhand von Gangbewegungen den Einfluss der Reaktion auf die allgemeine menschliche Mobilität.²²³

In den ersten gemeinsamen Arbeitsjahren am Institut waren die jungen Forscher von dem Eifer gepackt, mit der Reaktologie einen zukunftsweisenden Forschungsweg zu begehen.²²⁴ Je weiter sich ihre wissenschaftlichen Untersuchungen aber entwickelten, umso kritischer sahen Bernstein und seine jungen Kollegen diesen Pfad.²²⁵

So fiel es Vygotsky schwer, das menschliche Bewusstsein allein durch die Reaktologie zu erklären.²²⁶ Auch Gellershtein beschrieb, dass die Analyse isolierter Anteile des Bewegungsaktes nicht zu einem Verständnis der tiefen, psycho-physiologischen Grundlagen führte wie erhofft.²²⁷ Um die Vorgänge des zentralen Nervensystems verstehen zu können, müsste der gesamte menschliche Organismus betrachtet werden.²²⁸ Statt einzelne Nervenprozesse zu untersuchen, wendete sich die Bewegungsanalyse in den kommenden

²¹⁹ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 264-265

²²⁰ SIROTKINA, I. M. 1994. От реакции к живому движению: Н. А. Бернштейн в Психологическом институте двадцатых годов (Von der Reaktion zur lebendigen Bewegung: N. A. Bernstein am Psychologischen Institut der zwanziger Jahre). *вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 4, 16-27. S. 22

²²¹ Ebd. S. 19

²²² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 53

²²³ KORNILOV, N. 1926. Учебник психологии, изложенной с точки зрения диалектического материализма (Lehrbuch der Psychologie in Bezug auf dialektischen Materialismus). 245.

²²⁴ SIROTKINA, I. M. 1994. От реакции к живому движению: Н. А. Бернштейн в Психологическом институте двадцатых годов (Von der Reaktion zur lebendigen Bewegung: N. A. Bernstein am Psychologischen Institut der zwanziger Jahre). *вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 4, 16-27. S. 22-23

²²⁵ Ebd. S. 22-23

²²⁶ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 11

²²⁷ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 266

²²⁸ Ebd. S. 266

Jahrzehnten dazu hin, die Bewegung als funktionelles System zu verstehen.²²⁹ Der Wandel entwickelte sich jedoch erst langsam im Laufe jahrelanger gemeinsamer Arbeit von Bernstein und seinen Kollegen am Institut für experimentelle Psychologie.

3.3.3 Interdisziplinärer Austausch

Die gemeinsame Entwicklungsrichtung, welche die Forschungen von Bernstein und seinen genannten Kollegen am Institut für experimentelle Psychologie einschlagen sollten, zeigte, dass ein intensiver Austausch stattgefunden haben muss.²³⁰ Im Jahre 1927 wurde zum Beispiel auch ein gemeinsames Werk von Bernstein, Vygotsky und Luria veröffentlicht.²³¹ Besonders im Vergleich der Arbeiten von Vygotsky und Bernstein finden sich Gemeinsamkeiten. Ein Beispiel ist die Rolle der Aktivität im Bereich der menschlichen Handlung, welche sich auch in späteren Werken Bernsteins finden lässt.²³² Vygotsky beschrieb unter anderem eine aktivierende Rolle des Bewusstseins im Rahmen der Handlung,²³³ während Bernstein sich mit der Aktivität des Nervensystems während des Bewegungsaktes befasste.²³⁴

In den darauffolgenden Jahren entstand auch eine sehr wichtige Grundlage für einige Theorien, die Bernstein in seinen letzten Forschungsjahren weiterentwickeln sollte. In den Arbeiten von Bernstein und Vygotsky zeigte sich nämlich ein wichtiger Wandel im Hinblick auf den Determinismus der menschlichen Handlung. Anstatt eines reflektorischen Aufbaus der psychischen und physiologischen Tätigkeit rückte als Ursache das Handlungsziel in den Vordergrund.²³⁵

Für Vygotsky war zudem die Entwicklung des menschlichen Bewusstseins nicht nur organisch zu erklären, sondern als etwas, das sich im Laufe des menschlichen Lebens durch

²²⁹ LEONTJEW, A. N., LURIA, A. 1971. Geleitwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 8

²³⁰ E. Loosch beschreibt ein kreatives und offenes Arbeitsklima am Institut. LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 106, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 54 ff.

²³¹ ARTEMOV, V. A., BERNSTEIN, N.A., VYGOTSKIJ, L.S., DOBRYNIN, I.F., LURIJA, A.R. 1927. *Практикум по экспериментальной психологии (Praktikum der experimentellen Psychologie)*, Moskau-Leningrad, Государственное Издательство (Staatl. Verlag).

²³² Hierzu: DAVYDOV, V. 1996. Interrelation of L.S.Vygotsky and N.A. Bernshtein Scientific Schools Ideas. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 10-15.

²³³ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 11

²³⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 60

²³⁵ Ebd. S. 58

den Einfluss der Umwelt sozial wie psychologisch aufbaute.²³⁶ Auch die motorische Fähigkeit als ein funktionelles System, wie Bernstein es später beschreiben sollte, war nicht angeboren, sondern entwickelte sich stetig durch die Interaktion des Individuums mit der Umwelt weiter.²³⁷

Wichtig in der Entwicklung der Theorien von Bernstein und Vygotsky war jedoch in diesem Zusammenhang, dass das Individuum die Umwelteinflüsse nicht nur passiv sammelte.²³⁸ Vielmehr bestand die Entwicklung des Individuums gerade auch darin, die Umwelt entsprechend eines dem Organismus innewohnenden Ziels zu verändern und mit ihr zu agieren.²³⁹ Diese Sichtweise, die nicht mehr dem reinen mechanistischen Bild entsprach, sollte sich langsam in den nächsten Jahrzehnten herausbilden.

All diese nahezu revolutionären Theorien des Ursprungs, der Entwicklung und Funktion der Bewegung, die Bernstein in den nachfolgenden Jahren aufbaute, fanden wohl in dem intensiven Austausch und der Diskussionen mit seinen Kollegen am Institut für experimentelle Psychologie einen Nährboden. Auch dass Bernsteins Bewegungstheorie sich immer weiter in den Bereich der Psychophysiologie entwickelte,²⁴⁰ wäre wohl ohne den Einfluss aus dieser Arbeitsphase in dieser Form nicht geschehen.

Der Austausch führte zu einem gegenseitigen Wandel und Wachstum bei Bernstein und seinen Kollegen. Das sollte jedoch am Institut für experimentelle Psychologie nicht konfliktlos bleiben. Wie bereits beschrieben, war durch den Einfluss des Institutsleiters die Reaktologie und auch die Reflextheorie Pavlovs der zentrale Schwerpunkt aller Forschungen.²⁴¹ Bernstein und seine Kollegen bewegten sich langsam aus dem Rahmen der Reflextheorie heraus, eine offene Gegenposition war jedoch zu dieser Zeit nicht möglich,²⁴² und so wurde der Begriff des Reflexes weiterhin genutzt.²⁴³

Bernstein beschrieb zum Beispiel den Reflexring in Zusammenhang mit seinen Bewegungsforschungen und Vygotsky stellte in frühen Arbeiten das menschliche

²³⁶ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S.11

²³⁷ Ebd. S. 12

²³⁸ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 28

²³⁹ Ebd.

²⁴⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 60

²⁴¹ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 47 ff., sowie: SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale di storia della scienza*, 43, 239-71. S. 264 ff.

²⁴² KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 11

²⁴³ SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81. S. 75

Bewusstsein als einen höchsten, übergeordneten Reflex dar.²⁴⁴ Entgegen dem anfänglichen Eifer der Reaktologie zeigte sich aber zunehmend, dass dies nicht ausreichte, um die Tiefen der psychischen Tätigkeit, und in Bernsteins Fall der menschlichen Bewegung, zu erklären.²⁴⁵ Bernstein, Vygotsky und Luria, welche neben der gemeinsamen Arbeit auch eine Freundschaft verband,²⁴⁶ verließen das Institut im Jahre 1928.²⁴⁷

²⁴⁴ Ebd. S. 75

²⁴⁵ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 266

²⁴⁶ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 49

Anmerkung: Eine Freundschaft zwischen Bernstein und Luria findet sich in einigen Sekundärquellen bestätigt, jedoch bleibt offen, ob Bernstein und Vygotsky engen Kontakt und Austausch pflegten (Vgl: Davydov, 1991). Jedoch bieten die gemeinsame Arbeitstätte, sowie Parallelen in den Ansichten der Forscher einen Hinweis. Vgl. FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 73 ff.

²⁴⁷ SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71. S. 266

3.4 Analyse der Bewegungssteuerung (ab 1925)

3.4.1 Das Institut für Musikwissenschaft

Neben dem Institut für experimentelle Psychologie arbeitete Bernstein in den 1920er Jahren auch am Institut für Musikwissenschaften. Die Wahl dieser Arbeitsstelle schien von Bernsteins Erziehung beeinflusst zu sein. Musik war in Bernsteins Elternhaus immer zugegen.²⁴⁸

Nach dem Verlassen des TsIT im Jahre 1925 nahmen Bernstein und Tatjana Popova eine Forschungsstelle am Institut für Musikwissenschaften an.²⁴⁹ Ihre Arbeit bestand aus einer Analyse der Bewegungen während des Musikspiels zu pädagogischen Zwecken.²⁵⁰ Bernstein konnte seine Kenntnisse von Musik und Physiologie zu diesem Zweck verbinden.²⁵¹ Um einen Aufschluss über die Biomechanik des Klavierspiels für die Pädagogik zu bekommen, analysierte Bernstein zunächst das annähernd mögliche Optimum.²⁵² Er zeichnete hierzu den Klavieranschlag hochvirtuoser Pianisten auf.²⁵³

Neben Erkenntnissen für die Pädagogik war ein weiteres Ziel, in den schnell wiederholenden Handbewegungen Grundprinzipien des Bewegungsaufbaus und der Bewegungssteuerung zu erkennen.²⁵⁴ Eine hochfrequente, wiederkehrende Bewegungsfolge (wie die des Armes beim Oktavspiel) ergab eine große Menge an Aufnahmen.²⁵⁵ Somit ließ sich in kürzester Zeit eine große Menge an Daten sammeln. Zu den Pianisten, die mit Bernstein und Popova zusammenarbeiteten, zählten u. a. K. Igumnow²⁵⁶ und Egon Petri²⁵⁷.

²⁴⁸ Siehe hierzu Kapitel: *Kindheit und Familie*

²⁴⁹ Hierzu siehe: BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

Sowie: KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273.

²⁵⁰ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 250

²⁵¹ Ebd. S. 246-247

²⁵² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 40

²⁵³ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

²⁵⁴ Ebd. S. 398

²⁵⁵ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 251-252

²⁵⁶ *Konstantin Igumnow* (1873-1948) studierte am Moskauer Konservatorium und war Klavierschüler von Anton Rubinstein und Christian Georg Paul Pabst. 1899 wurde er Professor am Moskauer Konservatorium, das er 1924 bis 1929 als Direktor leitete. Aus: Seite „Konstantin Nikolajewitsch Igumnow“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 26. April 2017, 22:27 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2017e. *Konstantin Nikolajewitsch Igumnow* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Konstantin_Nikolajewitsch_Igumnow&oldid=164949153 [Accessed 07.07 2017].

²⁵⁷ *Egon Petri* (1881-1962) war ein niederländisch-amerikanischer Pianist. Als Solist bereiste er ganz Europa; eine ausgedehnte Russland-Tournee fiel in das Jahr 1923. Sein amerikanisches Debüt erfolgte

Beide waren bemerkenswerte Virtuosen in ihrem Spiel.²⁵⁸ Dadurch hoffte Bernstein, Hinweise auf allgemeine Prinzipien des Bewegungsaufbaus nicht durch ungelernetes Spiel zu übersehen.²⁵⁹ Außerdem konnte so das annähernde Optimum der Bewegung analysiert werden.²⁶⁰

3.4.2 Entwicklung der Kymozyklographie

Bereits am TsIT widmete sich Bernstein einer Optimierung der Chronozyklographie für die Aufnahme von sich wiederholenden zyklischen Bewegungen. Bei den Armbewegungen eines Pianisten handelt es sich um Bewegungen mit einem noch feineren Radius als bei den Arbeitsbewegungen.²⁶¹ Die bereits angepasste Aufnahmemethodik reichte somit nicht für eine präzise Darstellung aus. Mit dem Institut für Musikwissenschaften bot sich Bernstein und Popova ein ideales Umfeld zum Ausbau der Chronozyklographie. Hier gab es ein gut ausgestattetes Fotolabor, sowie Laboratorien für Radio und Akustik.²⁶²

Um keine überlappenden Aufzeichnungen der Bewegungsbahnen der Gelenkpunkte zu erhalten, kombinierten Bernstein und seine Mitarbeiter hier die Chronozyklographie mit einem beweglichen Film, auf welchem die Lichtpunkte aufgezeichnet wurden. Dies wurde als Kymozyklograph bezeichnet.²⁶³ Wichtig für die Aufnahme von feinschlägigen Bewegungen war neben der überschneidungsfreien Aufzeichnung der Bewegungslinien auch eine hohe Frequenz der Aufnahmen. Hierzu nutzte Bernstein eine Scheibe mit regelmäßigen Einschnitten vor dem Kameraobjektiv, den Obturator.²⁶⁴ Durch Lampen an den Gelenken der Versuchspersonen wurde der bewegliche Film beleuchtet und es entstanden einzelne Punkte der Bewegung. Um diese Bewegungspunkte entsprechend der Zeit analysieren zu können,

1932 in New York. Auch als Lehrer war Petri international anerkannt. 1906–1910 unterrichtete er am Royal Manchester College of Music, 1921–1925 an der Hochschule für Musik in Berlin, 1927–1939 in Zakopane (Polen). Das Grove's Dictionary von 1954 zählte „klares Denken“ und „wundervolle Hände, die niemals eine unnötige Bewegung machen“ zu den Charakteristika seines Spiels.

Aus: Seite „Egon Petri“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 10. Januar 2017, 15:30 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2017c. *Egon Petri* [Online]. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Egon_Petri&oldid=172881608 [Accessed 08.07. 2017].

²⁵⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 43

²⁵⁹ Zum näheren Versuchsaufbau siehe: BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

²⁶⁰ Ebd., sowie KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273

²⁶¹ Ebd. BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1 S. 398 ff.

²⁶² KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 250

²⁶³ Der genaue, technische Aufbau des Apparates wird ab S. 784 in folgendem Artikel beschrieben: BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

²⁶⁴ Ebd.

fanden sich in gewissen Abständen kleinere oder fehlende Einschnitte im Obturator. Zusätzlich benötigte man eine Vorrichtung zur Darstellung der Rotationsgeschwindigkeit des Obturators zur mathematischen Analyse. Hier wird deutlich, weshalb gerade das Institut für Musikwissenschaft mit dem bestehenden Labor für Akustik für die Entwicklung des Apparates wichtig war. Um die Rotationsgeschwindigkeit des Obturators für die spätere mathematische Analyse der Aufnahmen zu erhalten, nutzte Bernstein einen sogenannten *Sirenen-Nonius*²⁶⁵. Durch spezielle Öffnungen des Obturators wurde bei verschiedenen Tempi ein Ton erzeugt, welcher sich auf der natürlichen Tonleiter einordnen ließ.²⁶⁶ Über die Tonhöhe und Anzahl an Öffnungen im Obturator ließ sich die Rotationsgeschwindigkeit bestimmen.²⁶⁷ Bernstein und seinen Mitarbeitern gelang es mit dem Kymozyklographen bis zu 500 Aufnahmen pro Sekunde von einem beweglichen Objekt zu machen.²⁶⁸ Die vergrößerten Punktlinien der Bewegung wurden im Anschluss durch Rechenhilfen und Graphen in einem Kymozyklogramm analysiert.²⁶⁹ Daraus ergab sich eine große Menge an neuen, aussagekräftigen Daten.

3.4.3 Mathematische Analyse der Bewegung

Mit Hilfe der Kymozyklogrammetrie hatte Bernstein eine Möglichkeit gefunden, aus gefilmten Bewegungen mathematisch analysierbare Daten über den Aufbau des Bewegungsaktes zu erhalten.²⁷⁰ Je genauer die Aufnahmen wurden, umso deutlicher wurde Bernstein, dass eine geradlinige Verbindung zwischen einem zentralen Signal und der Bewegung nicht möglich war.²⁷¹ Aus den zyklographisch gesammelten Daten versuchte Bernstein mit Hilfe der Mathematik einen Schritt näher an die Hintergründe der Bewegungsbildung zu gelangen.²⁷² Er stellte die beobachteten Kräfte und deren zeitliche Veränderungen während des Bewegungsaktes mit Hilfe von Gleichungen dar.²⁷³ Gleichzeitig machte Bernstein aber auch deutlich, dass die so entstandenen Gleichungen nur sehr

²⁶⁵ Ebd. S. 786

²⁶⁶ Ebd.

²⁶⁷ Ebd.

²⁶⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 43

²⁶⁹ ebd. Zudem mehr über den mathematischen Hintergrund in: BERNSTEIN, N. 1927a. Analyse aperiodischer trigonometrischer Reihen *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 7, 185-476.

²⁷⁰ BERNSTEIN, N. A. 1927b. Kymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

²⁷¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁷² Ebd. Und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag S.44

²⁷³ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62 ff.

vereinfachte Konstruktionen des tatsächlichen Bewegungsablaufs waren.²⁷⁴ Sie dienten aber dazu, zu verstehen, was anstelle einer geradlinigen Verbindung zwischen der peripheren Bewegung und ihrem zentralen Ursprung liegen könnte. Bernstein versuchte zum Beispiel darzustellen, was die Muskelerrregung während der ablaufenden Bewegung beeinflusste.

Neben seinen zahlreichen Aufnahmen von physiologischen Bewegungen, griff Bernstein für die mathematische Analyse des Bewegungsaktes auch auf die Bewegungspathologien zurück.²⁷⁵ In dem Zusammenhang untersuchte er zum Beispiel die periphere Ataxie.²⁷⁶ Bei Patienten mit Erkrankungen aus diesem Formenkreis besteht ein fehlerhafter Austausch zwischen dem zentralen Nervensystem und der Peripherie. Die Muskelerrregung war damit unabhängig von Veränderungen der Umgebung und der Körperstellung.²⁷⁷

Bernstein beschrieb die Muskelerrregung (E) in diesem Fall mit einer Gleichung mit nur einer Abhängigkeit der Zeit t :²⁷⁸

$$E = f(t)$$

Das Problem dieser Gleichung wird schnell klar: Da sich keine genaue Lösung ergibt, würde, übertragen in die Physiologie, eine unvorhersehbare Bewegung entstehen.²⁷⁹ Die Muskelerrregung konnte also nicht nur von dem Faktor Zeit abhängig sein. Würde man die Abhängigkeit der Muskelerrregung wiederum nur in der Körperstellung sehen, würde sich auch keine zufriedenstellende Gleichung ergeben.

²⁷⁴ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 68

²⁷⁵ Ebd und: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

²⁷⁶ BERNSTEIN, N. A. 1998 Studies on the Physiology and Pathophysiology of Movements. *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics.

²⁷⁷ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 63

²⁷⁸ Ausführlich: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 66-67; sowie zusammenfassend: BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁷⁹ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 68

Für dieses Beispiel nutzte Bernstein den Vergleich von Bewegungsmustern von Patienten, die unter einer zentralen Paralyse litten.²⁸⁰ Im Falle einer zentralen Paralyse wäre die Muskelenergie (E) nur von dem Gelenkwinkel (α) und der Winkelgeschwindigkeit (da/dt) abhängig.²⁸¹ Es ergab sich folgende Gleichung:²⁸²

$$E = f(\alpha, da/dt)$$

Würde man diese Gleichung nun in eine Bewegung übertragen, wäre die Muskelenergie allein durch die Gelenkstellung gesteuert.²⁸³ Eine Steuerung über das zentrale Nervensystem wäre, wie bei einer zentralen Paralyse, nicht möglich.²⁸⁴

Bernstein versuchte aber, möglichst nah an die Begebenheiten bei der physiologischen Bewegung zu kommen. Hier müsste die Muskelenergie sowohl von der Zeit (t) als auch von Position der Gelenke (Gelenkwinkel α) und der Geschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit: (da/dt)) abhängig sein. Die beiden Gleichungen wären also kombiniert.²⁸⁵

Bernstein kam zu der Gleichung:²⁸⁶

$$E = f(t, \alpha, da/dt)$$

Es gelang ihm damit, in einer sehr vereinfachten Form die Verhältnisse während einer physiologischen Bewegung darzustellen.²⁸⁷ Wie Bernstein aber selbst betonte, war das jedoch nur eine grobe Annäherung an die tatsächlichen Begebenheiten während der Bewegung. Sie konnte aber dazu dienen, zu verstehen, wie die Verbindung zwischen der peripheren Bewegung und ihrem zentralen Ursprung sein könnte.²⁸⁸ In jedem Fall zeigte sich keine einfache, lineare Verbindung zwischen einem Impuls und einer resultierenden Bewegung.

²⁸⁰ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁸¹ Ebd. Und BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 66-67

²⁸² BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁸³ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 68 ff.

²⁸⁴ Ebd. Und BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁸⁵ Ebd. S. 62

²⁸⁶ Ebd. S. 62

²⁸⁷ Ebd.

²⁸⁸ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag.

Das hätte auch Bernsteins Aufnahmen von wiederholten Bewegungen, wie zum Beispiel in den Klavierstudien, widersprochen.²⁸⁹ Dabei zeigten sich die gefilmten Bewegungskurven niemals absolut identisch.

Die Muskeleerregung war außer von dem Faktor Zeit auch von der Gelenkstellung abhängig und umgekehrt. Durch Veränderung in der Muskeleerregung kam es zu einer Bewegung und wiederum veränderte jede Bewegung auch die Muskeleerregung.²⁹⁰ Um solche Wechselbeziehungen möglich zu machen, müsste es kreisförmige Verbindungen geben.²⁹¹ In der Peripherie gab es somit eine gegenseitige Rückmeldung zwischen Muskel und Gelenk. Dabei war die Funktion der Propriozeption für Bernstein wichtig.²⁹²

Für die natürliche Bewegung waren aber nicht nur die Gelenkstellung, Winkelgeschwindigkeit, Muskeleerregung und Zeit von Bedeutung. Es wirkten viele verschiedene äußere und innere Kräfte auf die Bewegung ein. In einer komplexeren Formel fügte Bernstein zur Annäherung an die Abhängigkeiten während der Bewegung die Trägheit²⁹³ und die Schwerkraft hinzu, woraus er eine Gleichung zur Bewegung einer Gliedmaße erstellte.²⁹⁴

Diese einwirkenden Kräfte bedeuteten für die Koordination und den Aufbau der Bewegung aber, dass es nicht nur in der Peripherie zyklische Verbindungen und wechselwirkende Rückmeldungen geben konnte. Irgendwie musste auch die Schwerkraft oder die Geschwindigkeit in den Bewegungsablauf integriert werden. Bernstein nahm an, dass es auch eine zyklische Verbindung auf zentraler Ebene geben musste.²⁹⁵ Dabei erhielt das

S. 68

²⁸⁹ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

²⁹⁰ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁹¹ Ebd. S. 62, sowie: BERNSTEIN, N. A. 1967. Biodynamics of locomotion. *The coordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press. S. 62

²⁹² MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 96-97, und: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 69

²⁹³ Trägheitskraft: Eine Kraft, die sich der Beschleunigung widersetzt. Aus: BÖGE, A. 2006. *Technische Mechanik*, Springer Science Media. S. 169

²⁹⁴ Hier sei nur die vereinfachte Formel zur besseren Übersicht genannt, siehe Formel (1) Die ausführliche Darstellung ist zu finden in: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 66 Formel (3)

²⁹⁵ Ebd.

zentrale Nervensystem ständig Information über die verschiedenen, einwirkenden Kräfte und konnte daraufhin die Effektorimpulse anpassen.²⁹⁶

Die mathematischen Modelle der Steuerungsfunktion waren somit ein wichtiger Ursprung vieler nachfolgender Theorien Bernsteins. Besonders die ringförmigen Verbindungen, in der Peripherie wie auch auf zentraler Ebene, waren ein wichtiger und nahezu revolutionärer Inhalt vieler Arbeiten Bernsteins.²⁹⁷ Erstmals beschrieb Bernstein sie bereits 1929,²⁹⁸ bevor er sie Mitte der 1930er Jahre in einer Differentialgleichung zusammenfasste.²⁹⁹ Sie basierten auf den Daten, die Bernstein während der Aufnahme von schnellen, wiederholenden Bewegungen wie dem Klavieranschlag eines Pianisten sammelte.

Zunächst führte diese Entdeckung Bernsteins aber zu vielen Kontroversen und sollte erst Jahrzehnte später anerkannt und weiterentwickelt werden.³⁰⁰

3.4.4 Erkenntnisse aus der Analyse des Klavierspiels

Durch die in kurzer Zeit in großer Menge gesammelten Daten konnten Nikolai Bernstein und Tatjana Popova einige Theorien über die Koordination der Bewegung weiterentwickeln.³⁰¹ Im Vergleich mit den bekannten Richtlinien in der Musikpädagogik ergaben sich daraus überraschende Ergebnisse.

Ein Beispiel aus der Klavierspieltechnik bildete das Gewichtsspiel.³⁰² Dabei handelt es sich um eine energiesparende Technik, in welcher die Kraft beim Klavieranschlag nur aus der

²⁹⁶ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

²⁹⁷ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 96-97, und: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 69 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S.127 ff.

²⁹⁸ BERNSTEIN, N. A. 1929. Клинические пути современной биомеханики (Klinische Pfade der modernen Biomechanik). *Сборник трудов государственного института по усовершенствованию врачей (Sammelband der Werke des Staatl. institutes für Ärztliche Prüfung)*. Kazan: GIDUV. Siehe auch: BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber S. 146

²⁹⁹ BERNSTEIN, N. A. 1935. Проблема взаимоотношений координации и локализации (Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation). *Архив биологический наук (Archiv der Biologiewissenschaften)*, 38, 1-34., siehe auch: BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber S.146

³⁰⁰ BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber S.146

³⁰¹ Versuchsaufbau und Ergebnisse detailliert in: BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

³⁰²Über das Gewichtsspiel näheres in: BREITHAUPT, R. M. 1921. *Die natürliche Klaviertechnik*, Leipzig, C.F. Kahnt Nachfolger. S. 79-84

Schulter- und Rückenmuskulatur stammt.³⁰³ Die Arm- sowie Handmuskeln befinden sich in einem passiven, entspannten Zustand und erhalten das Gleichgewicht.³⁰⁴ In Bernsteins Aufnahmen zeigte sich nach Dechiffrierung der Kraftverhältnisse jedoch kein passives Verhalten der Muskeln an Arm und Hand. Vielmehr wurden die Muskeln während jeder Phase des Klavieranschlags aktiv kontrolliert.³⁰⁵ Das zeigte sich darin, dass sich auch bei Aufnahmen repetitiver Armbewegungen im Oktavspiel keine absolut identischen Bewegungskurven darstellen ließen.³⁰⁶ Darin stimmte Bernsteins Forschung am Institut für Musikwissenschaft mit den Ergebnissen aus seinen Arbeiten am TsIT überein.

Dieses Mal war eines der Ziele, aus den Versuchen Regeln herauszulesen, die sich auf den allgemeinen Ablauf hinter der Steuerung und Konstruktion der Bewegung übertragen ließen.³⁰⁷ Auch wenn sich die Bewegungen niemals identisch wiederholten und sich keine Stereotypen in den repetitiven Handbewegungen zeigten, ergaben sich Gemeinsamkeiten in den Abläufen. Es zeigten sich Hinweise auf mehrere zusammenwirkende Systeme während der Bewegungskonstruktion.³⁰⁸ Bernstein gelang ein weiterer Schritt in die Richtung zur Aufstellung neuer Regeln über den Aufbau der Bewegung.

In diesem Zusammenhang beschrieb er die Theorie der *Wiederholung ohne Wiederholung*.³⁰⁹ Die Bewegung wurde wiederholt, zeigte sich in ihren Details aber nicht identisch. Wie komplex die Hintergründe der Konstruktion der Bewegung waren, ergab sich auch aus dem Gedankenexperiment einer Reproduktion der dechiffrierten Bewegungsabläufe. Ideal wäre es sowohl für die Klavierpädagogik als auch für die Arbeitswissenschaft, wenn die entschlüsselten Aufnahmen einer annähernd idealen Bewegung einfach reproduziert werden könnten. Für Bernstein zeigte sich dies allein in der Theorie bereits als unmöglich. Nur durch die biomechanische Ausführung der Bewegung würden sich die inneren Kräfte des Bewegungsapparates sowie auch die äußeren Kräfte der Umwelt verändern. Dadurch würde die gesamte Bewegung beeinflusst werden.³¹⁰

³⁰³ Ebd. S. 81-82

³⁰⁴ Ebd.

³⁰⁵ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 397-399

³⁰⁶ Ebd. S. 397-399

³⁰⁷ Ebd. S. 398

³⁰⁸ Ebd. S. 423-424 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.

³⁰⁹ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 60-61 und: LATASH, M. L., DANION, F., SCHOLZ, J.F. 1998b. Coordination of Multielement Motor Systems Based on Motor Abundance. In: LATASH, M. L., LEVIN F. (ed.) *Progress in Motor Control: Effects of age, disorder, and rehabilitation*. United States of America: Human Kinetics. S. 99

³¹⁰ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.S. 424-426

Es zeigte sich ein nicht einfach biomechanisch zu steuerndes System. Umso komplexer musste die Steuerfunktion des zentralen und peripheren Nervensystems sein. In den Klavierstudien ergab sich in diesem Zusammenhang auch der Stellenwert der unterbewussten Steuerung der menschlichen Bewegung. Bernstein versuchte herauszufinden, unter welchen Umständen das repetitive Oktavspiel eines Pianisten annähernd an das Optimum der Bewegung herantreten konnte. Als Vergleichswert für dieses Optimum nahm er die ökonomisch einfachste Bewegungsform, eine einfache harmonische Schwingung.³¹¹ Er beobachtete, dass die aufgenommenen Bewegungskurven der harmonischen Schwingung im schnellen Tempo am ähnlichsten waren.³¹² Das war gerade dann der Fall, wenn der Pianist seine Armbewegung nicht bewusst kontrollierte.³¹³ In diesen Experimenten zeigte sich, dass eine unbewusst ablaufenden Steuerfunktion der Koordination vorhanden sein musste. Es wird deutlich, dass Bernstein eine Verbindung zwischen der Bewegungsphysiologie und der Psychologie aufbaute. Nicht zu vergessen ist hier der Einfluss aus seinen parallel stattgefundenen Arbeiten am Institut für experimentelle Psychologie.

Während Nikolai Bernstein das Institut für experimentelle Psychologie im Jahr 1928 verließ, arbeiteten er und Tatjana Popova bis zum Jahr 1940³¹⁴ am Institut für Musikwissenschaften weiter. Neben dem Oktavspiel analysierten sie hier zum Beispiel auch den Vergleich von Virtuosen und Anfängern in ihrem Spiel.³¹⁵ Die zahlreichen Studien am Institut für Musikwissenschaften führten zu einer wichtigen Veränderung der Theorien Bernsteins auf seinem Forschungsweg.

Was sich wiederholt zeigte, war die Möglichkeit, dass es sich bei der Konstruktion der Bewegung um mehrere zusammenwirkende Systeme handelte.³¹⁶ Um den korrekten Ablauf zu sichern, wirkten diese dynamisch miteinander.³¹⁷ Dies passte auch zu den von Bernstein beschriebenen Ringverbindungen im Bereich des peripheren und zentralen Nervensystems.³¹⁸

³¹¹ Ebd. S. 424

³¹² Ebd. S. 421

³¹³ Ebd.

³¹⁴ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversial History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 32

³¹⁵ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 431

³¹⁶ Ebd. S. 423-424, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³¹⁷ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 423-424, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³¹⁸ Siehe hierzu Kapitel 3.4.3 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S.127 ff.

Bernstein beschrieb die dynamisch zusammenarbeitenden Systeme als die lebendige Bewegung.³¹⁹

Bernstein war nicht der erste Wissenschaftler, der eine Aktivität und Dynamik im Aufbau der menschlichen Bewegung erkannte. Er lernte vieles aus den Arbeiten seiner wissenschaftlichen Vorgänger, wie zum Beispiel Iwan Sechenov³²⁰. Bernstein baute damit, und auf Boden seiner eigenen Experimente, neue Theorien über die Steuerung der Bewegung auf.³²¹

3.4.5 Sechenovs Einfluss auf Bernsteins Arbeiten

Iwan Sechenov analysierte die Koordination der menschlichen Bewegung. Dazu befasste er sich, wie später auch Bernstein, mit den Bewegungen von Musikern.³²² Die Lebenswege der beiden Wissenschaftler werden sich vermutlich nie gekreuzt haben. Sechenov verstarb im Jahre 1905,³²³ noch bevor Bernstein seine wissenschaftliche Tätigkeit begann. Betrachtet man jedoch die Biographie und den Arbeitsweg Sechenovs,³²⁴ so kann es sein, dass Nikolai Bernsteins Großvater, Nathan Bernstein, ihn kennengelernt haben könnte. Im Jahre 1871 gab Nathan Bernstein nämlich seinen Lehrposten an der Universität von Odessa im Fach Physiologie an Sechenov weiter.³²⁵ Dieser war dort von 1871-1876 beschäftigt.³²⁶ Bernsteins

³¹⁹ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 402-403

³²⁰ Iwan M. Sechenov (1829-1905) war russischer Physiologe, welcher als Begründer der russischen Physiologenschule bezeichnet wird. Sein Forschungsschwerpunkt galt insbesondere der Neurophysiologie. Hier führte er Experimente zur Erregung und Hemmungsmechanismen des Rückenmarkes durch.

Aus: Seite „Iwan Michailowitsch Setschenow“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.

Bearbeitungsstand: 1. Dezember 2016, 08:40 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2016a. *Iwan Michailowitsch Setschenow* [Online]. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Iwan_Michailowitsch_Setschenow&oldid=171560765 [Accessed 12.07 2017].

³²¹ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

³²² ТИХОНИН, В. 2017. *Обучение двигательным действиям спортсменов в прыжках в высоту (Training der motorischen Handlungen von Athleten im Hochsprung)*, Litres. S. 45

³²³ STUART, D. G., SCHAEFER, A. T., MASSION, J., GRAHAM, B. A. & CALLISTER, R. J. 2014. Pioneers in CNS inhibition: 1. Ivan M. Sechenov, the first to clearly demonstrate inhibition arising in the brain. *Brain Research*, 1548, 20-48. S. 20-21

³²⁴ Zusammenfassung des Arbeitsweges zu finden in: GAVRILOV, Y. V., VALKO, P. O. 2014. Ivan M. Sechenov (1829–1905). *Journal of Neurology*, 262, 495-497.

³²⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 21

³²⁶ GAVRILOV, Y. V., VALKO, P. O. 2014. Ivan M. Sechenov (1829–1905). *Journal of Neurology*, 262, 495-497. S. 496

Großvater selbst publizierte auch im Bereich der Physiologie.^{327 + 328} Es erscheint naheliegend, dass zu der Bibliothek der Familie Bernstein auch Arbeiten des Physiologen Sechenov zählten und Bernstein so mit ihnen in Kontakt kam.

In den theoretischen und praktischen Schwerpunkten der Arbeiten von Sechenov und Bernstein lassen sich nämlich einige Gemeinsamkeiten erkennen. So wie Bernstein führte auch Sechenov Untersuchungen an der Physiologie und Biomechanik von Arbeitsbewegungen durch.³²⁹ Ebenso befasste sich Sechenov mit der Erforschung von Bewegungspathologien, unter anderem der Ataxie.³³⁰ In den Bewegungstheorien von Sechenov spielt unter anderem die muskuläre Rezeption in der Koordination von Bewegungen eine wichtige Rolle.³³¹ Als Beispiel dafür nutzte Sechenov den Vergleich mit der Handbewegung eines Musikers.³³² Auch in Dunkelheit oder mit geschlossenen Augen konnte ein Musiker sein Instrument spielen, somit musste es eine Verbindung zwischen der Sensorik und der Motorik geben.³³³ Vielleicht inspirierten diese Beispiele Nikolai Bernstein später dazu, am Institut für Musikwissenschaften zu arbeiten und seine eigenen Theorien über die Bewegung aufzubauen.

Für Bernstein war in seinen späteren Arbeiten eine der wichtigsten Aufgaben des Rezeptors eines Organismus die aktive Suche in seiner Umwelt.³³⁴ Hierzu nahm er Bezug auf die Arbeiten von Sechenov, in welchen dieser den Telerezeptoren wie Riechen, Hören oder Fühlen analytische Fähigkeiten zuspricht, mit denen die Umgebung nach einem Startsignal für die Initiierung einer Bewegung abgesucht wird.³³⁵ Die materialistische Psychologie, in welcher sich der wissenschaftliche Beitrag von Sechenov und Pavlov einsortieren lässt, war

³²⁷ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С. В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

³²⁸ Beispiel des Werkes Nathan Bernsteins: BERNSTEIN, N. O. 1868. *Руководство к частной физиологии (Leitfaden für spezielle Physiologie)*, Odessa, Имп. Новорос. ун-т (Imp. Novoros.).

³²⁹ STUART, D. G., SCHAEFER, A. T., MASSION, J., GRAHAM, B. A. & CALLISTER, R. J. 2014. Pioneers in CNS inhibition: 1. Ivan M. Sechenov, the first to clearly demonstrate inhibition arising in the brain. *Brain Research*, 1548, 20-48. S. 35 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 91

³³⁰ GAVRILOV, Y. V., VALKO, P. O. 2014. Ivan M. Sechenov (1829–1905). *Journal of Neurology*, 262, 495-497. S. 496-497

³³¹ TICHONIN, V. 2017. *Обучение двигательным действиям спортсменов в прыжках в высоту (Training der motorischen Handlungen von Athleten im Hochsprung)*, Litres. S. 44

³³² Ebd. S. 45

³³³ Ebd. S. 45

³³⁴ BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber S. 148

³³⁵ Bernstein bezog sich dabei auf: SECHENOV, I. 1964. *Reflexes of the Brain – An Attempt to Establish the Physiological Basis of Psychological Processes*. Siehe hierzu: BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber S. 148

ein wichtiger Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der sowjetischen Psychologie.³³⁶ Es waren wichtige physiologische Grundlagen der modernen Psychologie, die Bernstein und einige seiner Zeitgenossen, wie Vygotsky, ausbauen sollten.³³⁷

3.4.6 Internationaler Austausch

Neben einem Einfluss seiner wissenschaftlichen Vorgänger bestand für Bernstein auch ein internationaler Austausch mit seinen Zeitgenossen im wachsenden Fachbereich der Bewegungswissenschaften. Bereits im Jahre 1924 führten ihn Reisen zu der internationalen Konferenz zur wissenschaftlichen Arbeitsorganisation nach Prag.³³⁸ Dort stellte er mit seinem damaligen Institutsleiter A. Gastev als Vertreter der russischen Delegation die Arbeit des TsIT im Rahmen der Analyse von Arbeitsbewegungen vor.³³⁹ Bernstein konnte neben Englisch und Polnisch auch Französisch und Deutsch sprechen,³⁴⁰ was einen Austausch und eine Annäherung zu ausländischen Instituten erleichterte. Ende der 1920er Jahre bewegte die Möglichkeit zur wissenschaftlichen Diskussion Bernstein auch zu längeren Auslandsaufenthalten, so auch in Frankreich und Deutschland.³⁴¹

Während dieser Reisen hielt Bernstein im Jahre 1929 Vorträge und lehrte am Institut für angewandte Psychologie und Psychologische Prävention in Paris.³⁴² Inhalt waren seine Forschungsergebnisse zur allgemeinen Biomechanik und deren klinischer Relevanz.³⁴³ Eine praktische Anwendung fand Bernsteins Arbeit auch in Deutschland, wo er mit Edgar Atzler³⁴⁴ am Institut der Physiologie der Arbeit in Dortmund mit Hilfe des Kymozyklogrammes Aufnahmen des menschlichen Nystagmus machte.³⁴⁵ Daneben hielt Bernstein in Paris,

³³⁶ LEONTJEW, A. N., LURIA, A. 1971. Geleitwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 7

³³⁷ Ebd.

³³⁸ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

³³⁹ Ebd.

³⁴⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 18

³⁴¹ Ebd. S. 62-64

³⁴² Ebd. Und ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

³⁴³ Ebd.

³⁴⁴ *Edgar Atzler (1887-1938)*, deutscher Physiologe, entwickelte ab 1921 die Physiologie der Arbeitswissenschaft in Deutschland. Er befasste sich mit der Erforschung körperlicher Arbeit im Hinblick auf ihre Rationalisierung. Er war Herausgeber der Zeitschrift: „Arbeitsphysiologie-Zeitschrift für die Physiologie des Menschen bei Arbeit und Sport“ und hielt neben einer Professur in Berlin auch eine an der Medizinischen Akademie Düsseldorf inne.

Quelle: RAEHLMANN, I. 2005. *Arbeitswissenschaft im Nationalsozialismus - Eine wissenschaftsoziologische Untersuchung*, Wiesbaden, Springer Verlag. S. 105

³⁴⁵ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport)., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

Dortmund, Frankfurt und Berlin Vorträge über die Methode der Kymozyklogrammetrie, was unter Bernsteins wissenschaftlichen Kollegen vielseitigen Zuspruch fand.³⁴⁶ Bernsteins Arbeit über die Kymozyklographie wurde sogar in einer deutschen Zeitschrift publiziert.³⁴⁷

Auch in seinem Heimatland schien die wachsende Anerkennung Nikolai Bernstein zu einem Experten im Bereich der Biomechanik von Bewegungen werden zu lassen. So unterrichtete er zwischen 1925-1927 Physiker und Ausbilder der Industriebereiche.³⁴⁸ Bernstein verfasste in diesem Zusammenhang auch Lehrbücher wie *Biomechanik für Instruktoren*.³⁴⁹ Bernsteins Analysen des menschlichen Ganges fanden sogar in technischen Fachbereichen eine Anwendung. So wurde aus seinen Berechnungen der Schwerpunkte und Kraftverhältnisse des Körpers beim Gang der Bau von Fußgängerbrücken durch optimale Anpassung an die notwendigen Belastungsverhältnisse verbessert.³⁵⁰

³⁴⁶ ШКХАЙДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

³⁴⁷ Siehe: BERNSTEIN, N. A. 1927b. Кymozyklographion, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.

³⁴⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag, S. 41

³⁴⁹ BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 10 und: BERNSTEIN, N. A. 1926a. *Биомеханика для инструкторов (Biomechanik für Instruktoren)*, Moskau, Новая Москва (Nov. Moskva).

³⁵⁰ ШКХАЙДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

3.5 Erweiterung der Fachbereiche

3.5.1 Das Institut für Arbeitserhaltung (ab 1927)

Die Daten für diese Ganganalysen erhielt Bernstein in den Jahren 1927-1933,³⁵¹ während er am Institut für Arbeitserhaltung (*russisch: Государственный институт охраны труда*) arbeitete.³⁵² Bernstein war dort Leiter des Labors für Biophysik der Arbeit, dessen Schwerpunkt die Arbeitssicherheit war.³⁵³ Im Zuge des industriellen Fortschrittes dieser Zeit entstanden höhere Ansprüche an die Arbeit mit Maschine und Werkzeug. Ein Ziel wurde, eine effektive und gleichzeitig sichere Zusammenarbeit zwischen dem Arbeiter und seiner Umgebung zu schaffen.³⁵⁴ Besonders die Schutzmaßnahmen und Sicherungssysteme sollten die Arbeit nicht stören, sondern unterstützen.³⁵⁵ Hierzu analysierten Bernstein und seine Mitarbeiter zunächst die natürlichen anatomischen, physiologischen und biomechanischen Ressourcen der Arbeiter. Diesen sollte ein entsprechendes Arbeitsumfeld angepasst werden.³⁵⁶

Aufgrund der unzähligen Freiheitsgrade des menschlichen Bewegungsapparates war es dazu zunächst nötig, die Bewegungen zu erkennen, die ein dauerhaft effektives und gleichzeitig sicheres körperliches Arbeiten ermöglichten.³⁵⁷ Es zeigt sich wieder eine Ähnlichkeit zu Bernsteins Arbeit am TsIT. Im Grunde setzte Bernstein am Institut für Arbeitserhaltung seine Analyse der Arbeitsbewegungen nach Ausstieg aus dem TsIT fort. Um auch statische und nicht nur lokomotorische Bewegungen erfolgreich biomechanisch analysieren zu können, passte Bernstein erneut die Aufnahmemethodik an.³⁵⁸

Die Kymozyklographie, welche Bernstein bereits am Institut für Musikwissenschaft weiter optimiert hatte, ergänzte Bernstein nun durch Spiegel, welche er um das

³⁵¹ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversial History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 32

³⁵² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 64 ff.

³⁵³ ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18. S. 3

³⁵⁴ Ebd. S. 4

³⁵⁵ Ebd.

³⁵⁶ Ebd. S. 3-5

³⁵⁷ Ebd., sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁵⁸ ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18. S. 8

Untersuchungsobjekt positionierte.³⁵⁹ Dadurch konnten mehrdimensionale Koordinaten aufgezeichnet und statische Bewegungen analysiert werden.³⁶⁰

Vor Bernsteins Arbeiten wurden Maschinen und auch Sicherungsmaßnahmen ohne zuvor erfolgte biomechanische Analysen des Bewegungsapparates konstruiert.³⁶¹ Dadurch wurden diese oftmals als störend empfunden und folglich auch wenig genutzt.³⁶² Dies änderte sich durch Bernsteins Herangehensweise.

³⁵⁹ Ebd. S. 8

³⁶⁰ Ebd. und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.S. 38 ff.

³⁶¹ ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18. S. 6

³⁶² Ebd.

3.5.2 Die Überwindung der Freiheitsgrade

In Bernsteins Forschung, auch am Institut für Arbeitserhaltung, tauchte wiederholt das Problem der überschüssigen Freiheitsgrade des menschlichen Bewegungsapparats auf.³⁶³ Die Freiheitsgrade entstehen durch die zahlreichen Muskel- und Gelenkgruppen und den damit einhergehenden Möglichkeiten der Bewegung. Es bildet sich eine natürliche Elastizität des Bewegungsapparats.³⁶⁴ Eine so flexible Konstruktion ist weitaus schwerer zu kontrollieren als ein System mit nur ein bis zwei festen Freiheitsgraden (Abb.3).³⁶⁵

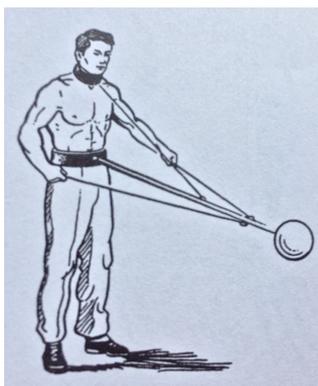


Abb. 3: Versuch zur Kontrolle der Freiheitsgrade³⁶⁶

Versuch der Lenkung eines schweren Balls mit zwei Gummibändern. Durch Fixierung des Objekts am Körper der Versuchsperson mit einer festen Stange wird die Kontrolle durch Ausschluss von Freiheitsgraden erleichtert.

Dennoch zeigt sich die menschliche Bewegung stabil und sicher in ihrer Ausführung.³⁶⁷

Bernstein war bereits während der Klavierstudien sowie seiner Arbeit am TsIT klar, dass die Reflextheorie die Kontrolle des komplexen Bewegungsapparats nicht erklären konnte. Auch durch die Analyse einzelner, isolierter Bestandteile der Bewegung wurde keine Lösung für

³⁶³ Zum Beispiel in: ebd. S. 5-6 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag S. 122 ff.

³⁶⁴ Ebd und auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.
Eine Beschreibung darüber, was die Freiheitsgrade sind ist zu finden in: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 34 ff.

³⁶⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 125-126, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁶⁶ Aus: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 40, Fig. 12

Copyright (© 2019) From *Dexterity and Its Development* by Latash M., Turvey, M. Reproduced by permission of Taylor and Francis Group, LLC, a division of Informa plc

³⁶⁷ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279., sowie: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates., S. 35

das Problem der Steuerung der vielen Freiheitsgrade gefunden.³⁶⁸ Dass die Bewegung ganzheitlich betrachtet und untersucht werden müsste, wusste Bernstein schon aus seiner Forschung am Institut für experimentelle Psychologie. Er suchte nach einem inneren Zusammenhang, der die Bestandteile der Bewegung verband und das komplexe System so steuerbar machte.³⁶⁹ So ließe sich neben einer Kontrolle der Freiheitsgrade auch erklären, weshalb sich bei minimaler Änderung eines Bestandteils der Bewegung auch alles Nachfolgende veränderte.³⁷⁰

Die Konversion des unkontrollierbaren Bewegungsapparats in ein kontrollierbares System beschrieb Bernstein als den wichtigsten Bestandteil der Koordination.³⁷¹ Um der Frage nachzugehen, wie dies dem Organismus gelang, analysierte Bernstein verschiedene Stufen des motorischen Lernens.³⁷² Dabei beobachtete er in den frühen Lernphasen eine starre Bewegung mit fixierten Muskel- und Gelenkverbindungen.³⁷³ Hierdurch wurde eine Senkung der Anzahl an zu steuernden Freiheitsgraden erreicht.³⁷⁴ Die Bewegung konnte so in einer anfänglichen Form kontrolliert werden. Sobald der Organismus diese Grundlage beherrschte, lockerte sich die Bewegung und weitere Freiheitsgrade wurden genutzt.³⁷⁵ Nach und nach wurde die anfangs fixierte Bewegung so effektiver und entspannter. In der höchsten Entwicklungsstufe des motorischen Lernens konnten zudem auch die reaktiven Kräfte aus der Bewegung als unterstützende Impulse genutzt werden. Dadurch wurde weniger aktive Kraft verbraucht.³⁷⁶ Das Ergebnis war eine effiziente Bewegung mit geringerer Ermüdung.³⁷⁷

³⁶⁸ ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18. S. 7

³⁶⁹ Ebd.

³⁷⁰ Zum Beispiel: ebd., auch: WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). Ebd.2, 181-188. S. 184. Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁷¹ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 41, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 123ff.

³⁷² BERNSTEIN, N. A. 1975c. Biodynamik der Lokomotionen. In: PICKENHAIN, L., SCHNABEL, G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 61, ebenfalls in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁷³ Ebd.

³⁷⁴ Ebd. S. 61, ebenfalls in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁷⁵ Ebd. und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag S. 123 ff.

³⁷⁶ BERNSTEIN, N. A. 1975c. Biodynamik der Lokomotionen. In: PICKENHAIN, L., SCHNABEL, G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 62

³⁷⁷ Ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

3.5.3 Analyse der Bewegungspathologie

Der Umgang mit den Freiheitsgraden und eine erfolgreiche Steuerung des Bewegungsapparates war nur über eine Rückkopplung zwischen der Peripherie und dem zentralen Nervensystem möglich. Einen besonderen Stellenwert nahm dabei die sensorische Korrektur ein.³⁷⁸ Nur mit Hilfe einer Rückmeldung der sensorischen Organe über den Ablauf der Bewegung konnte eine Kontrolle erfolgen.

Die Rolle einer funktionsfähigen Kommunikation zwischen dem zentralen und peripheren Nervensystem wurde insbesondere dann ersichtlich, wenn ein Ausfall einer der Komponenten bestand. Neben physiologischen Bewegungen analysierte Bernstein vor diesem Hintergrund auch verschiedene Bewegungspathologien, wie zum Beispiel bei Patienten mit Tabes Dorsalis.³⁷⁹ Seine Arbeiten über die Bewegungspathologie im Detail fasste er in einer 1936 erschienenen Publikation *Физиология и патофизиология движений (deutsch: Physiologie und Pathophysiologie der Bewegung)* zusammen.³⁸⁰

Seine Arbeit mit der Pathologie der Bewegungen begann allerdings bereits Jahre zuvor.³⁸¹ Bernstein untersuchte neurologische Pathologien, um eine Möglichkeit zur Detektion von frühen oder milden Krankheitsverläufen zu entwickeln.³⁸² Seine Arbeit im Lazarett während des 1. Weltkrieges hatte Bernstein gezeigt, wie wichtig ein Fortschritt im Bereich der Früherkennung und besonders auch der Therapie von Pathologien des Ganges war.³⁸³ Im Jahr 1932 arbeitete Bernstein am Zentralen Institut für Arbeit mit körperlicher Behinderung (russisch: *Центральный институт труда инвалидов*).³⁸⁴ Er forschte hier am Gangbild mit Prothesen.³⁸⁵

³⁷⁸ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 42 ff.

³⁷⁹ Ebd. S. 36

³⁸⁰ BERNSTEIN, N. A. 1936. Физиология и патофизиология движений (Physiologie und Pathophysiologie der Bewegung). *физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова (Physiologisches Journal der UDSSR im Namen I. M. Sechenov)*, 21, 1017-1019.

Im Englischen in: BERNSTEIN, N. A. 1998 *Studies on the Physiology and Pathophysiology of Movements. Bernstein's Heritage*. Human Kinetics.

³⁸¹ So finden sich Beschreibungen einer möglichen klinischen Anwendung der biomechanischen Analyse von Bewegungspathologien bereits in: BERNSTEIN, N. A. 1929. Клинические пути современной биомеханики (Klinische Pfade der modernen Biomechanik). *Сборник трудов государственного института по усовершенствованию врачей (Sammelband der Werke des Staatl. institutes für Ärztliche Prüfung)*. Kazan: GIDUV.

³⁸² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 64

³⁸³ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10. S. 4ff, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 64 ff.

³⁸⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 64 ff.

³⁸⁵ Ebd. S. 64 ff.

Im selben Jahre eröffnete in Moskau das Allunionsinstitut für experimentelle Medizin (russisch: *Всесоюзный институт экспериментальной медицины* - Vsesoyuznyĭ institut eksperimental'noĭ meditsiny, im Folgenden: WIEM).³⁸⁶ Dabei handelte es sich um eine Erweiterung des gleichnamigen Instituts in Leningrad.³⁸⁷ An dem Leningrader Institut arbeitete Ivan Pavlov in einigen Laboratorien, auch als die Moskauer Abteilung eröffnet wurde.³⁸⁸ Nikolai Bernstein leitete in Moskau ab 1933 das Labor für Physiologie und wenig später ebenso das für die Pathophysiologie von Bewegungen.³⁸⁹ Aus dem Allunionsinstitut für experimentelle Medizin entstand später auch das Institut für Neurologie, sowie die Akademie für Medizinische Wissenschaften, an welchen Bernstein ebenfalls tätig war.³⁹⁰

Dadurch dass dem Institut keine eigene Klinik angegliedert war, verlief die Sammlung von Fallbeispielen (u.a. von Patienten mit Tabes Dorsalis) nur langsam.³⁹¹ Deshalb dauerte es, bis genügend aussagekräftige Daten gesammelt werden konnten. Mit der Zeit wurde aber deutlich, dass keine klar definierbaren und allgemein gültigen Hinweise auf das frühe Vorliegen einer Pathologie darstellbar waren.³⁹² Das pathologische Bewegungsmuster war von Individuum zu Individuum zu unterschiedlich.³⁹³

Zudem zeigte sich ein Phänomen, welches Bernstein auch in den Klavierstudien beschrieb.³⁹⁴ Die Biomechanik der Bewegung passte sich an minimale äußere oder innere Veränderungen durch eine gesamte Änderung des Bewegungsbildes an. Auch bei Bernsteins Analyse der Bewegungspathologien konnte kein isolierter Funktionsverlust dargestellt werden. Es zeigten sich in den Aufnahmen vielmehr die unterschiedlichen Kompensationsmechanismen des Organismus als Antwort auf den Ausfall eines

³⁸⁶ Hierzu siehe: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 33-34

³⁸⁷ Hierzu siehe: ebd. S. 33-34

³⁸⁸ KREPS, E. M. 1989. *О прожитом и пережитом (Über das Gelebte und Erfahrene)*, Moskau.

³⁸⁹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62 und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S.103

³⁹⁰ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

³⁹¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 65

³⁹² WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 182

³⁹³ Ebd. und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S.64-66

³⁹⁴ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 410-412

Funktionsbereiches.³⁹⁵ Bernstein wendete sich jedoch dadurch nicht von der Erforschung der Bewegungspathologien ab. Es bot sich darin vielmehr eine Möglichkeit für neue Erkenntnisse über die Hintergründe der Funktion der menschlichen Bewegung. Bernstein baute in den nachfolgenden Jahren ein neues Verständnis für die Klassifikation der Pathologien im Bereich der Bewegungsmedizin auf.³⁹⁶

Besonders während seiner späteren Arbeit am Neurologischen Institut in Moskau konnte Bernstein seine Kenntnisse über die Pathologie von Bewegungen vertiefen.³⁹⁷ Seine Ergebnisse aus dem Bereich der Pathophysiologie von Bewegungen, welche Bernstein in den 1930er Jahren sammelte, präsentierte er auch international. Im Jahre 1935 leitete Bernstein gemeinsam mit wissenschaftlichen Kollegen aus Frankreich und Großbritannien die Sektion der Arbeitsphysiologie auf dem internationalen Kongress für Physiologie. Er stellte hier seine Ergebnisse aus den Analysen von Bewegungspathologien dar.³⁹⁸

³⁹⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 65

³⁹⁶ Ebd. sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

³⁹⁷ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein - From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 66 Und: WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188, FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 181

³⁹⁸ Hierzu siehe: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 33-34

3.6 Angespante Zeiten

3.6.1 Zwischen Anerkennung und Kritik

Das ursprüngliche Forschungsziel Bernsteins, eine Pathognomie für Erkrankungen des Bewegungsapparates zu erstellen, konnte nicht erfüllt werden.³⁹⁹ Dennoch wendete Bernstein sich nicht von diesem Fachbereich ab, sondern sammelte wertvolle Erkenntnisse.⁴⁰⁰ Er betrachtete die Bewegungspathologie von einem neuen, ganzheitlichen Aspekt.⁴⁰¹ Solchen Wendungen im Rahmen seiner Forschungsarbeiten begegnete Bernstein häufig. Er sah das jedoch nicht als Rückschlag, sondern als Möglichkeit zu einer Verbesserung der alten Vorgehensweisen.⁴⁰²

Bernsteins neues Konzept der wissenschaftlichen Analyse der menschlichen Bewegung stieß jedoch nicht überall auf eine Anerkennung. Im Jahr 1936 kam es erstmals zu öffentlichen, kritischen Äußerungen gegenüber seiner Arbeit. Diese kamen aus Reihen seiner Kollegen am WIEM und wurden in der institutseigenen Zeitschrift veröffentlicht.⁴⁰³

Wie Bernsteins Schüler und Zeitgenosse J. Feigenberg schildert, wurde Bernsteins komplexes und zeitintensives Vorgehen bei der Bewegungsanalyse innerhalb des Instituts teilweise nicht verstanden und stieß somit auf Kritik und Ablehnung.⁴⁰⁴ Bernsteins Arbeit fand jedoch auch Zuspruch im Lande. Seine Leistungen wurden mit dem Grad des Medizinischen Doktoranden ausgezeichnet. Diesen erhielt Bernstein 1935 für seine bis dahin gesammelten Forschungsergebnisse und den darauf aufbauenden Theorien.⁴⁰⁵ Diese stellte Bernstein in seiner im selben Jahr fertiggestellten Arbeit *Современные искания в физиологии нервного процесса* (deutsch: *Zeitgenössische Untersuchungen der Physiologie*

³⁹⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 65

⁴⁰⁰ Ebd.

⁴⁰¹ Ebd., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁰² SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversial History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 33-34

⁴⁰³ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 67 und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S.103

⁴⁰⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 67

⁴⁰⁵ Ebd., sowie: GURFINKEL, W. S. & CORDO, P. J. 1998. *Bernstein's Traditions in Movement Studies*, US, Human Kinetics. S. 2.

des Nervensystems)⁴⁰⁶ dar. Dieses wichtige Werk Bernsteins wurde jedoch durch den Autor selbst vor einer Publikation zurückgenommen.⁴⁰⁷

3.6.2 Gefährliche Konsequenzen

Die Gründe für eine Rücknahme der Publikation können vielfältig sein. Eine mögliche Ursache, welche von der Historikerin I. Sirotkina dargelegt wird, könnte Bernsteins offene Positionierung gegen die Theorien Pavlovs gewesen sein.⁴⁰⁸ Bernstein hätte sich mit einer kontroversen Position gegenüber Pavlov einer großen Gefahr ausgesetzt.⁴⁰⁹ Nach der Entwicklung von Pavlovs Theorien zu einem Leitbild im Bereich der sowjetischen Naturwissenschaft, hätte jede Kritik dagegen als politische Handlung gewertet werden und scharfe Konsequenzen mit sich bringen können.⁴¹⁰ Was dies bedeutete, zeigte sich in dem Beginn der stalinistischen Repressionen, welche auch die Naturwissenschaften erreichten.⁴¹¹

Schon Mitte der 1930er Jahre zeigten sich erste Anzeichen des stalinistischen Terrors.⁴¹² Es kam zu Repressionen gegen Wissenschaftler und Mitglieder der sogenannten *Intelligenzija*⁴¹³, deren Arbeiten aus verschiedenen Gründen Opfer von Kritiken wurden. Das konnte zur Inhaftierung bis hin zum Tode der Beschuldigten führen.⁴¹⁴ Auch am WIEM kam

⁴⁰⁶ BERNSTEIN, N. A. 2003. *Современные искания в физиологии нервного процесса (Moderne Untersuchungen in der Physiologie des Nervensystemes)*, Moskau, СМЫСЛ (Smysl-Die Bedeutung).

⁴⁰⁷ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 45 ff, LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S.102

⁴⁰⁸ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 30, sowie in: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 102

⁴⁰⁹ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 30-31

⁴¹⁰ Ebd., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴¹¹ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 186

⁴¹² LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 103

⁴¹³ Intelligenzija (russisch интеллигенция) steht für die gesellschaftliche Kategorie der von Intellektuellen geprägten Berufsgruppen, vornehmlich in Russland bzw. der UdSSR. Aus: WIKIPEDIA. 2019c. *Intelligenzija* [Online]. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Available: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligenzija&oldid=184988587> [Accessed 14.06. 2019].

⁴¹⁴ Über die Geschichte des Buches: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 34 ff.

es in diesem Zuge Mitte der 30er Jahre zu Verhaftungen und Deportationen.⁴¹⁵ In Bernsteins Situation wäre es somit ein hohes Risiko gewesen, sich offen entgegen der pavlovianischen Theorien zu positionieren.

Welches Risiko zu dieser Zeit Bernsteins jüdische Abstammung zusätzlich spielen konnte, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. In den 20er bis 30er Jahren war es Mitgliedern der jüdischen Gemeinde in der Sowjetunion möglich, leitende Positionen in naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen zu erhalten.⁴¹⁶ Stalin selbst erließ 1931 ein Dekret, nach welchem antisemitische Tendenzen bei Todesstrafe als verboten galten.⁴¹⁷ Jedoch machte der stalinistische Terror vor keiner Bevölkerungsgruppe Halt.⁴¹⁸ Die Denunziationen wurden auch in der Gesellschaft genutzt, um einen politischen, sozialen oder beruflichen Vorsprung gegenüber Konkurrenten zu erhalten.⁴¹⁹ In der Naturwissenschaft bedeutete diese Zeit eine Gradwanderung zwischen Anerkennung und Ablehnung von Theorien, die als unpatriotisch oder entgegen des sozialistischen Staatsbildes gewertet wurden. So ist in den 1930er Jahren auch der Mechanizismus zunehmend abgelehnt worden.⁴²⁰

Es zeigt sich in diesem Zusammenhang auch eine Veränderung in Bernsteins Arbeiten. Während zu Beginn die Biomechanik ein Schwerpunkt war, wendete sich dies in den 30er Jahren einer Betrachtung der Biodynamik zu, was man bereits in Bernsteins Klavierstudien von 1929 erkennen kann.⁴²¹ Ob es sich dabei um einen rein politischen Einfluss auf Bernsteins Terminologie handelte, lässt sich nicht definitiv sagen. Es veränderte sich nämlich mit dem Fortschritt seiner Analysen auch Bernsteins methodisches Vorgehen.

⁴¹⁵ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 103

⁴¹⁶ MARGOLINA, S. 1992. *Das Ende der Lügen*, Berlin: Siedler. S. 86 ff., sowie: BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 119-221

⁴¹⁷ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 105

⁴¹⁸ Anmerkung: Unter Stalins Führung war ein Ziel der 1930er Jahre die Repression „russischer Revolutionäre“, unter welchen sich auch einige Juden befanden. Dies nahm auch in anderen Gesellschaftsbereichen zu. Siehe: MARGOLINA, S. 1992. *Das Ende der Lügen*, Berlin: Siedler. S. 86 ff., sowie: BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 119-221

⁴¹⁹ Näheres zu dem Stalinistischen Terror und Einfluss von Kritiken in: BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 98-105

⁴²⁰ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95

⁴²¹ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432., zudem über den Wandel in Bernsteins Theorien Vgl. BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. Und SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81.

Zunehmend betrachtete er die menschliche Bewegung multimodal und als ein dynamisches System.

Der Wandel in Bernsteins Theorien kann aber mitunter als Grund dafür gesehen werden, dass Bernstein bis zu diesem Zeitpunkt vor schweren Repressionen in Zeiten des Stalinistischen Terrors⁴²² bewahrt wurde. Bernstein schützte womöglich auch die Tatsache, dass seine Wissenschaft praktisch angewendet und für die Arbeitsphysiologie,⁴²³ Rehabilitation und den Sport genutzt werden konnte.⁴²⁴ Diese Bereiche nahmen schließlich in der Sowjetunion zu dieser Zeit einen hohen Stellenwert ein.⁴²⁵

⁴²² *Der große Terror* lässt sich in den Zeitraum von Herbst 1936 bis Ende 1938 einordnen, während welchem viele Wissenschaftler zahlreichen Inhaftierungen und Schlimmerem zum Opfer fielen. So auch der ehem. Leiter des TsIT, A. Gastev. Aus: MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95-96; eine ausführliche Darstellung in: BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt.

⁴²³ ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18. S. 3

⁴²⁴ MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics. S. 95-96, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴²⁵ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 98

3.7 Entwicklung der Koordinationstheorie (ab 1937)

3.7.1 Das Institut für Körperkultur

Es ist möglich, dass Bernstein sich dennoch aufgrund der beginnenden Kritik am WIEM mit zunehmender Vorsicht bewegte. Im Juli 1937 verließ er das Institut für Pathophysiologie des WIEM.⁴²⁶ Am Institut für Neurologie arbeitete er noch für eine längere Zeit weiter.⁴²⁷ Nachdem er das Institut für Pathophysiologie verlassen hatte, bot sich Bernstein aber weiterhin genügend Möglichkeit für eine breit gefächerte Forschung.

Bernstein war zu dieser Zeit weiterhin am Institut für Musikwissenschaften, an der Forschungsstelle für Prothetik des Institutes für Arbeit mit körperlicher Behinderung und am Zentralen Forschungsinstitut für Körperkultur (russisch: *Центральный научно-исследовательский институт физкультуры*) tätig. An diesem wurde er 1934 leitender Forscher des biomechanischen Laboratoriums.⁴²⁸

Neben einer Optimierung der wirtschaftlichen, wurde auch eine Optimierung der körperlichen Leistung durch den Staat erstrebt. Zugespitzt galt es sogar als Ziel, einen *neuen Menschen*⁴²⁹ zu erschaffen, dessen körperliche Leistungsfähigkeit durch Disziplin und Kontrolle beherrscht und verbessert werden sollte.⁴³⁰ Körperkultur und Körpererziehung wurden so zu einem wichtigen Bestandteil der Gesellschaft.⁴³¹ Als erfahrener Wissenschaftler im Bereich der Bewegungsanalyse, passte Bernstein zu diesem Forschungsbereich.

Am Laboratorium des Instituts für Körperkultur studierte Bernstein die Ontogenese der Bewegungen. Wie zuvor arbeitete er dort gemeinsam mit T.Popova.⁴³² Bernstein befasste sich daneben ebenfalls erneut mit der Analyse des Gangbildes. Dieses Mal stand der Lauf

⁴²⁶ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 41

⁴²⁷ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

⁴²⁸ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 217, und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.

⁴²⁹ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 94 ff., sowie in: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 101, und in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴³⁰ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 94 ff.

⁴³¹ Ebd. S. 98

⁴³² Hierzu siehe: BERNSTEIN, N. A. 1975e. Die Koordination der Bewegungen in der Ontogenese In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Pickenhain, L., Schnabel, G.

professioneller Sportler im Vordergrund.⁴³³ Wie auch bei den virtuosen Pianisten, suchte Bernstein zur Analyse des Laufs erfahrene Probanden. Zwar hatte Bernstein schon vorher den menschlichen Gang analysiert, dabei handelte es sich aber um ein gemischtes Bild an Probanden. Bernstein bemängelte die daraus resultierende unzureichende Qualität bei Aufnahmen eines Laufs, da die professionellen Läufer im Versuchskreis fehlten.⁴³⁴ Am Forschungsinstitut für Körperkultur bot sich nun die Gelegenheit, dies nachzuholen. Als Kandidaten konnte er die in der Sowjetunion berühmten Sportler Georgy und Serafim Znamensky⁴³⁵ gewinnen.

Bernstein durfte die beiden Läufer im Oktober 1934 während eines Sprints im Moskauer Nationalstadion aufnehmen.⁴³⁶ Im Gegenzug verhalf er den Brüdern zu einer Analyse und Optimierung ihres Laufs.⁴³⁷ Bernstein verglich dazu die Aufzeichnungen mit Aufnahmen des französischen Weltmeisters Jules Ladumègue⁴³⁸, welcher ebenfalls einer seiner Probanden war.⁴³⁹ Bernstein widmete ihm sogar ein Kapitel seines Werks über die Forschung an der Biodynamik des Laufs, Gangs und Sprungs.⁴⁴⁰ Das Beispiel der

⁴³³ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁴³⁴ Ebd.

⁴³⁵ Anmerkung: Die Gebrüder Georgy und Serafim Znamensky waren bekannte Leichtathleten und Läufer der Sowjetischen Republik. In den Sowjetischen Meisterschaften zwischen 1934-1940 gewannen sie zahlreiche Ehrungen und stellten nationale Rekorde auf. Aus: Seite „Georgy Znamensky“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie/EN. Bearbeitungsstand: 27. Oktober 2017, 07:16 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2017d. *Georgy Znamensky* [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Georgy_Znamensky&oldid=807322575 [Accessed 10.02. 2018].

⁴³⁶ BERNSTEIN, N. A. 1940. Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens). In: BERNSTEIN, N. A. (ed.) *Труды Лаборатории по изучению движений (Arbeit des Laboratoriums zur Untersuchung von Bewegungen)* Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport), ebd. S. 133

⁴³⁷ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10., sowie auch: ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁴³⁸ Jules Ladumègue war französischer Sportler, welcher durch das Aufstellen mehrerer Weltrekorde im Mittelstreckenlauf den Gewinn der olympischen Silbermedaille im 1500 m Lauf 1928 berühmt geworden ist.

Aus: Seite „Jules Ladoumègue“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 5. Juli 2016, 09:38 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2016b. *Jules Ladoumègue* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Jules_Ladoum%C3%A8gue&oldid=155881976 [Accessed 21.07. 2018].

⁴³⁹ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10., sowie auch: ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁴⁴⁰ BERNSTEIN, N. A. 1940. Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens). In: BERNSTEIN, N. A. (ed.) *Труды Лаборатории по изучению движений (Arbeit des Laboratoriums zur Untersuchung von Bewegungen)* Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport). S. 144-184

Laufanalysen der Brüder Znamensky zeigt, wie sich Bernsteins Wissenschaft anwenden ließ. Es passte zu dem staatlichen Ziel einer Optimierung des Menschen zu einem leistungsfähigeren Selbst.

3.7.2 Bernstein und die Gestalt-Theorie

Mit der Analyse des professionellen Laufs und der Ontogenese des Gangs weitete Bernstein seinen Blickwinkel auf die Erforschung der Koordination und Steuerung der menschlichen Bewegung weiter aus. Zunehmend betrachtete Bernstein die Bewegung von verschiedenen Seiten und versuchte ein ganzheitliches Bild zu erhalten. Gerade dabei lässt sich in vielen Werken Bernsteins ein Einfluss der *Gestalt-Theorie* erkennen.⁴⁴¹

Erste Ansätze dessen zeigen sich schon während Bernsteins Arbeit am TsIT. In der Analyse der Schlagbewegung eines Hammers beschrieb Bernstein 1924, dass sich bei Veränderung einzelner Variablen die gesamte Bewegung anpasste.⁴⁴² Das findet sich auch in den Klavierstudien Bernsteins am musikwissenschaftlichen Institut wieder.⁴⁴³ Bernstein versuchte zu beschreiben, was die Bewegung dennoch erfolgreich, wiederholbar und auch wiedererkennbar machte.

Schon Jahre vor Bernsteins Forschung versuchte im Jahr 1890 C. von Ehrenfels⁴⁴⁴ etwas Ähnliches zu beschreiben. Er nahm als Beispiel die Gestalt der Melodie. Diese ließe sich nicht aus einer einfachen Aufzählung der einzelnen Töne darstellen, sondern nur in der Gänze des musikalischen Klanges.⁴⁴⁵ Tatsächlich nutzte auch Bernstein ein ähnliches Beispiel. Er verglich die Koordination der menschlichen Bewegung mit einem musizierenden Orchester. Nicht in seinen einzelnen Mitspielern, sondern nur im gemeinsamen Zusammenspiel zeige sich dessen Funktion.⁴⁴⁶ Somit wäre auch die Bewegung nicht durch Aufzählung der einzelnen Bestandteile definierbar. Erst die Zusammenarbeit aller

⁴⁴¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 64

⁴⁴² BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханике удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* 1, 19-79. S. 101

⁴⁴³ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

⁴⁴⁴ Christian von Ehrenfels (1859-1932) ist ein österreichischer Philosoph, welcher als Vorreiter der Gestalttheorie gilt.

Aus: WIKIPEDIA. 2017b. *Christian von Ehrenfels* [Online]. [Accessed 01.02 2018].

⁴⁴⁵ THOLEY, P. 1980. Gestaltpsychologie. In: ASANGER, R. W., G. (ed.) *Handwörterbuch der Psychologie*. Weinheim/Basel: Beltz. S. 249

⁴⁴⁶ Dieses Beispiel findet sich gleich mehrfach: in BERNSTEIN, N., FEIGENBERG, J. 2014a. A few Words on Writing and Handwriting. In: FEIGENBERG, J. M. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. Berlin, Zürich: Lit Verlag. S. 240, sowie in: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 70

Komponenten formte die Bewegung als etwas Eigenständiges.⁴⁴⁷ Der wiederholbare und wiedererkennbare Teil der Bewegung war somit ihre Gestalt.

3.7.3 Das motorische Feld

Um hinter die Funktionsweise der Koordination zu gelangen, wurde es somit wichtig zu erfahren, wie die Gestalt der Bewegung gesichert werden konnte. Bernstein versuchte zunächst jedoch darzustellen, was die Gestalt der Bewegung war und welche Bestandteile den Charakter einer Bewegung bildeten.⁴⁴⁸ In den Analysen zeigte sich, dass zum Beispiel die Handschrift, der Gang oder das Musizieren von Mensch zu Mensch unterschiedlich waren. Es gab aber in allen Beispielen einen wiedererkennbaren Charakter.

Um darstellen zu können, was die Bewegung wiedererkennbar machte, führte Bernstein den Begriff des motorischen Feldes ein.⁴⁴⁹ Dazu untersuchte er zunächst, welche Bestandteile der Bewegung sich verändern ließen, ohne dass die Gestalt und der Sinn der Bewegung davon beeinflusst wurden. Bernstein unterteilte dabei in nicht-essentielle Variablen, welche keinen wesentlichen Einfluss auf die Gestalt der Bewegung hatten und die essentiellen Variablen, welche die Bewegung wesentlich veränderten.⁴⁵⁰ Diese essentiellen Variablen, die zum Beispiel die individuelle Handschrift eines Menschen ausmachten, bezeichnete Bernstein als das motorische Feld⁴⁵¹ oder die Topologie.⁴⁵²

3.7.4 Theorie des zentralen Engramms

Bernstein suchte weiter nach einer Möglichkeit, wie sich das motorische Feld im Nervensystem widerspiegeln und somit für die Koordination genutzt werden könnte. In der Gestalttheorie findet sich dazu passend die Annahme, dass die Gestalt eine räumliche, zeitliche oder raumzeitliche Struktur mit Gliederung nach einer bestehenden Ordnung

⁴⁴⁷ THOLEY, P. 1980. Gestaltpsychologie. In: ASANGER, R. W., G. (ed.) *Handwörterbuch der Psychologie*. Weinheim/Basel: Beltz. S. 250

⁴⁴⁸ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 87

⁴⁴⁹ Ebd. S. 87, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁵⁰ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 87

⁴⁵¹ Ebd. S. 87, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁵² Ebd. und MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

wäre.⁴⁵³ Auch Bernstein nahm an, dass das motorische Feld eine Abhängigkeit von dem Faktor Zeit haben müsse.⁴⁵⁴ Das findet sich auch in Bernsteins mathematischen Darstellungen der Muskel-erregung als Funktion in Abhängigkeit der Zeit wieder.⁴⁵⁵

Die Sicherung der zeitlichen Abhängigkeit der Muskel-erregung ordnete Bernstein in dem Zusammenhang dem zentralen Nervensystem zu.⁴⁵⁶ Wenn das motorische Feld also in einer unbekannt Form im Nervensystem vorlag, müsste auch eine zeitliche Komponente festgehalten sein. Bernstein kam darüber zu der Theorie des zentralen Engramms.⁴⁵⁷

3.7.5 Theorien der Lokalisation

Das zentrale Engramm sah Bernstein als die abstrakte, modellartige Darstellung des motorischen Feldes im zentralen Nervensystem.⁴⁵⁸ Dabei handelte es sich nicht um ein Schema der beteiligten Muskel- und Gelenkverbindungen in ihrer Abfolge während des Bewegungsakts. Vielmehr beschrieb Bernstein das Engramm als eine Projektion des Raumes, mit einer zusätzlichen zeitlichen Komponente.⁴⁵⁹ Über dieses Modell versuchte Bernstein eine Theorie über die Lokalisation der zentralen Strukturen aufzubauen, die an der Koordination der Bewegung beteiligt waren.⁴⁶⁰

Über die Lokalisation war bereits bekannt, dass im zentralen Nervensystem viele unterschiedliche Systeme (z.B. die Pyramidenbahn, das Strio-pallidäre Kerngebiet, die Substantia nigra) die Bewegung ausführten.⁴⁶¹ In den Studien zeigte sich für Bernstein aber keine klare, stabile Verbindung einzelner Systeme zu speziellen Bereichen der Bewegung. So konnte zum Beispiel an einer Bewegung neben der Pyramidenbahn auch das Striatum beteiligt sein.⁴⁶²

⁴⁵³ THOLEY, P. 1980. Gestaltpsychologie. In: ASANGER, R. W., G. (ed.) *Handwörterbuch der Psychologie*. Weinheim/Basel: Beltz. S. 249-250

⁴⁵⁴ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 72

⁴⁵⁵ Ebd. ab S. 62 und Abschnitt: 3.4.3 des vorliegenden Werkes

⁴⁵⁶ Ebd.

⁴⁵⁷ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 89

⁴⁵⁸ Ebd. S. 91

⁴⁵⁹ Ebd. S. 88-91

⁴⁶⁰ Ebd. und in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279., sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff.

⁴⁶¹ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 73

⁴⁶² Ebd. und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff.

Es musste etwas geben, das die komplex miteinander wirkenden Systeme verband und die Gestalt der Bewegung, das motorische Feld oder das zentrale Engramm, sicherte. Bernstein ordnete diese Aufgabe der Koordination zu.⁴⁶³ Neben dem zentralen Engramm sollte auch die Koordination im Nervensystem lokalisierbar sein. Bernstein stellte die Theorie auf, dass dies in Form eines Strukturplans der Wechselwirkungen des Bewegungssystems untereinander erfolgen könnte.⁴⁶⁴ Als Beispiel für einen solchen Strukturplan der Koordination stellte er die Ketten- und Kammhypothese auf.⁴⁶⁵ In der Kammhypothese gebe es einen einzelnen, zentralen Bereich, der die Bestandteile der Bewegung und die Engramme übergeordnet koordiniere.⁴⁶⁶ Bei der Kettenhypothese hingegen gab es kein einzelnes übergeordnetes Zentrum. Vielmehr bestand die Koordination darin, dass jedes Engramm durch den Abschluss des zuvor erfolgten Engramms aktiviert wurde.⁴⁶⁷

Bernstein beließ es bei einem theoretischen Aufbau einer möglichen Form der Lokalisation der Koordination im Nervensystem. Genaue strukturelle Angaben stellte er zu diesem Zeitpunkt nicht dar. Er beschrieb nur, dass sich die Koordination in den entwicklungsgeschichtlich am höchsten entwickelten Zentren befinden musste.⁴⁶⁸ Für eine genaue Beschreibung waren die bislang beobachteten Ergebnisse zu komplex und die bestehenden Theorien zu hypothetisch.⁴⁶⁹

3.7.6 Ein systemisches Bild der Koordination

Neben der Frage nach ihrer Lokalisation befasste sich Bernstein auch näher mit der Funktionsweise der Koordination. Schon früh war ihm klar, dass es keine einfache, lineare Verbindung zwischen einem zentralen Impuls und der peripheren Bewegung geben konnte. Dafür waren die Ergebnisse der Aufzeichnungen und Analysen von wiederholenden Bewegungen zu komplex. Bernstein nahm vielmehr an, dass die Bewegung durch eine Verbindung mehrerer Zwischeninstanzen initiiert und gelenkt wurde.⁴⁷⁰

⁴⁶³ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 77

⁴⁶⁴ Ebd. S. 79

⁴⁶⁵ Ebd. S. 84-86

⁴⁶⁶ Ebd. S. 83

⁴⁶⁷ Ebd.

⁴⁶⁸ Ebd. S. 70

⁴⁶⁹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S.63-64 und BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 83, sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff.

⁴⁷⁰ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag.

Dafür musste aber zunächst die abstrakte Darstellung der Bewegung oder des motorischen Feldes in eine sensorische Information umgeschrieben werden.⁴⁷¹ Diese sensorische Information aus dem zentralen Nervensystem wurde letztlich im peripheren Nervensystem zu einem biomechanischen Akt.⁴⁷²

Damit die Bewegung erfolgreich durchgeführt werden konnte, musste es nicht nur eine einseitig gerichtete Verbindung aus dem Zentrum in die Peripherie geben. Nur durch eine Rückkopplung und einen Informationsaustausch mit der Peripherie konnte die Bewegung entsprechend der wechselnden Umwelt und der einwirkenden Kräfte angepasst werden. Das zentrale Nervensystem führte entsprechend der Information aus der Peripherie die notwendigen Korrekturen für eine erfolgreiche Zielbewegung durch.⁴⁷³ Es floss somit ständig Information zwischen der Peripherie und dem Zentrum hin und her. Auch wurde die Information in verschiedene Formen umgeschrieben, sodass aus einem abstrakten Abbild des motorischen Feldes ein biomechanischer Akt werden konnte.

Dieses komplexe System konnte nicht durch einen einzelnen Impulsgeber aufrechterhalten werden. Es kam vielmehr über ein hierarchisch gegliedertes System mehrerer Zentren zu einer biomechanischen Organisation des Bewegungsapparates.⁴⁷⁴ Nur über verschiedene zusammenarbeitende Zentren konnte die Komplexität der menschlichen Bewegung erklärt werden. Bernstein war in diesem Zusammenhang einer der ersten Wissenschaftler, welche die Bewegungsphysiologie von einer systemischen Seite aus betrachteten.⁴⁷⁵

S.70-71 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff

⁴⁷¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 63

⁴⁷² BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 70-71

⁴⁷³ Ebd. S. 70 und FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 127 -133 ff

⁴⁷⁴ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 63, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279. Und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff.

⁴⁷⁵ WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 186-187. , sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

3.7.7 Die Entwicklung in Bernsteins frühen Bewegungstheorien

Die Entwicklung von einer Analyse der Biomechanik zu einer komplexen, systemischen Betrachtung der menschlichen Bewegung zeigt bereits den Wandel in Bernsteins Wissenschaft. In den ersten Jahrzehnten seiner Forschung war Bernstein kaum an nur einem einzigen Labor oder Institut angestellt. Gerade die Arbeit in verschiedenen Fachdisziplinen formte jedoch seine Sichtweise auf die Funktion der menschlichen Bewegung.⁴⁷⁶

Während der ersten Jahre seiner Forschungsarbeit widmete Bernstein sich der biomechanischen Analyse.⁴⁷⁷ Über eine detaillierte Dechiffrierung der zyklographischen Aufnahmen verschiedener Bewegungen wurde ihm bereits am TsIT schnell die Komplexität des menschlichen Bewegungsapparats deutlich.⁴⁷⁸ Neben einer Vielzahl von Freiheitsgraden des muskuloskelettalen Apparats,⁴⁷⁹ zeigten sich in Bernsteins Analysen auch unterschiedlich einwirkende, nicht-muskuläre Kräfte, die die Funktion des Bewegungsapparats umso komplexer machten.⁴⁸⁰

Bernstein suchte eine Möglichkeit, die Kontrollmechanismen zur Steuerung dieses Systems beschreiben zu können.⁴⁸¹ Durch die Arbeit in verschiedenen Fachbereichen⁴⁸² konnte Bernstein diese Fragestellung von unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten. Ein Problem, mit welchem er sich in diesem Zusammenhang beschäftigte, war die Möglichkeit des zentralen Nervensystems, die Bewegung trotz wechselnder Umwelt sicher und konstant zu erhalten. Bernstein beschrieb die Gestalt der Bewegung, welche trotz veränderter Umstände erhalten werden musste, als das motorische Feld oder die Topologie der Bewegung.⁴⁸³ Die Steuerung und Aufrechterhaltung der Gestalt der Bewegung erforderte

⁴⁷⁶ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁷⁷ Zum Beispiel: BERNSTEIN, N. A. 1926a. *Биомеханика для инструкторов (Biomechanik für Instruktoren)*, Moskau, Новая Москва (Nov. Moskva).

⁴⁷⁸ PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S.23

⁴⁷⁹ zum Beispiel: ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18.

⁴⁸⁰ GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 10

⁴⁸¹ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁸² Hierzu zählten zum Beispiel im Laufe von Bernsteins Karriere das Institut für Musikwissenschaft, Institut für Arbeitererhaltung, Institut für Körperkultur oder Institut für Experimentelle Medizin.

⁴⁸³ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218, sowie auch in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

einen steten Informationsaustausch zwischen dem peripheren und zentralen Nervensystem.⁴⁸⁴ Das erkannte Bernstein unter anderem darin, dass sich die Bewegung bei Veränderungen in der Umwelt⁴⁸⁵ und bei pathologischem Ausfall eines Funktionsbereiches⁴⁸⁶ in ihrer ganzen Form anpasste.

Je komplizierter die Ergebnisse der Bewegungsstudien Bernsteins zu interpretieren wurden, desto weiter entwickelte sich seine Wissenschaft von der reinen biomechanischen Analyse fort. Bernstein erforschte lange nicht mehr nur die äußerlich sichtbare Bewegung, sondern legte seinen Fokus zunehmend auf die unsichtbaren Hintergründe der Koordination.

Bereits in den Klavierstudien wurde ein Wechsel im Fokus von Bernsteins Arbeiten aus dem Bereich der Biomechanik hin zu einer Biodynamik der Bewegung deutlich.⁴⁸⁷

Hinsichtlich der dahinterstehenden Steuermechanismen entwickelte Bernstein ein entsprechend dynamisches System der Koordination. Neben einer sensorischen Rückkopplung zwischen Peripherie und Zentrum gehörte dazu ein auf verschiedenen funktionellen Ebenen hierarchisch gegliedertes, zentrales Koordinationssystem.⁴⁸⁸ Dieses baute Bernstein in den nachfolgenden Jahrzehnten weiter aus. Anstelle eines einzelnen Impulsgebers als Ursprung der peripheren Bewegung entstand ein komplexes Steuerungssystem, in welchem die zentralen und peripheren Anteile des Bewegungsapparates dynamisch zusammenwirkten.⁴⁸⁹ So beschrieb Bernstein statt eines mechanischen Reflexes eine dynamische Konstruktion der Bewegung.⁴⁹⁰

⁴⁸⁴ BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 69

⁴⁸⁵ BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 402 ff.

⁴⁸⁶ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 69

⁴⁸⁷ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 210, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁸⁸ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 63

⁴⁸⁹ Ebd. Sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 133 ff. und: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁴⁹⁰ BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

3.8 Ausbruchs des zweiten Weltkrieges

3.8.1 Vor Einbruch der Kriegsjahre

Trotz der Relevanz seiner Arbeit blieb Bernstein nicht dauerhaft von den zunehmenden politischen Spannungen verschont. Bereits am WIEM wurde seine Forschung in einer institutseigenen Zeitschrift kritisiert.⁴⁹¹ Bernstein trotzte dem und brach weder seine Arbeit ab noch dementierte er seine Theorien.⁴⁹² Zwar verließ er das WIEM, arbeitete aber weiter am Neurologischen Institut, am Institut für Musikwissenschaften und für Prothetik, sowie am Institut für Körperkultur.⁴⁹³

Bernstein hielt den Kritiken zwar stand, vor den Ereignissen des zweiten Weltkrieges konnte er seine Forschung aber nicht schützen. Im Jahre 1941, bevor im Oktober des gleichen Jahres die Nationalsozialistischen Truppen Moskau erreichten,⁴⁹⁴ wurde Bernstein mit seiner damaligen zweiten Ehefrau Beatrice und der Stieftochter Tatyana nach Ulan-Ude in Sibirien ausgesiedelt.⁴⁹⁵ Seine Arbeit in Moskau wurde unterbrochen.

3.8.2 Bernstein in Sibirien und Tashkent (1941-1943)

Im sibirischen Exil unterrichtete Bernstein am Pädagogischen Institut von Ulan-Ude die Fächer Anatomie, Histologie und Physiologie.⁴⁹⁶ Trotz eines Arbeitsplatzes lebte die Familie in ihrem Exil in Armut und Hunger.⁴⁹⁷ Im Winter 1942 konnten sie jedoch zu Nikolai Bernsteins Bruder Sergej nach Tashkent im heutigen Usbekistan ziehen.⁴⁹⁸ Sergej war dort Ingenieur an einer militärischen Akademie.⁴⁹⁹ Auch Nikolai Bernstein konnte hier wieder in die Wissenschaft einsteigen. Ihm bot sich eine Stelle an den rehabilitativen Zentren der Militärischen Krankenhäuser.⁵⁰⁰

⁴⁹¹ Dies geschah in einem 1936 erschienenen Artikel der Zeitung des WIEM, siehe: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 67

⁴⁹² LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10.

⁴⁹³ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

⁴⁹⁴ MARGOLINA, S. 1992. *Das Ende der Lügen*, Berlin: Siedler. S. 91-92

⁴⁹⁵ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

⁴⁹⁶ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 113

⁴⁹⁷ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 248

⁴⁹⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 113-115

⁴⁹⁹ Ebd.

⁵⁰⁰ ЧИХХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Bernstein konnte dort seine Erkenntnisse aus der Bewegungsphysiologie und -pathologie, sowie seine Erfahrung aus der Arbeit mit Kriegsveteranen anwenden. Er setzte auch seine theoretischen Arbeiten fort. So begann er in dieser Zeit sein Werk *О построении движений (Über den Aufbau der Bewegungen)*⁵⁰¹, eine Zusammenfassung seiner bis dato gesammelten Kenntnisse über die Koordination und Funktion des Bewegungssystems.⁵⁰²

Im Spätsommer 1943 zog die Familie Bernstein wieder in ihr Appartement in Moskau zurück.⁵⁰³ In der Stadt herrschten zu dieser Zeit wie überall im Lande nahezu unerträgliche Lebensbedingungen. Dennoch glaubte die Bevölkerung Moskaus an einen baldigen Aufschwung der Wirtschaft.⁵⁰⁴ Viele hofften auch auf ein Ende des stalinistischen Terrors gegen die eigene, sowjetische Bevölkerung angesichts der größeren Gefahr durch den Westen.⁵⁰⁵

⁵⁰¹ BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).

⁵⁰² Hinweise über den Beginn der Arbeiten an diesem Werk sind zu finden in: ЧКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵⁰³ Ebd.

⁵⁰⁴ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 240-241

⁵⁰⁵ Ebd. S. 241

3.9 Bernsteins wissenschaftliche Wiedereingliederung (1943-1950)

3.9.1 Wiederaufnahme der experimentellen Arbeit

Nach seiner Rückkehr 1943 nahm Bernstein wieder einige seiner ehemaligen Arbeitsstellen auf.⁵⁰⁶ Dazu zählte auch das Institut für Körperkultur, an welchem Bernstein wieder das Biomechanische Labor leitete.⁵⁰⁷ Zusätzlich wurde er Professor an der Abteilung für Psychologie der Moskauer Universität.⁵⁰⁸ Im Oktober des gleichen Jahres kam Bernstein auch wieder an das WIEM, an welchem er zuvor Kritik an seiner Arbeit erfahren hatte.⁵⁰⁹ Bernstein nahm dort seine Experimente zur Rehabilitation des Bewegungsapparates wieder auf.⁵¹⁰

Sein ehemaliger Kollege und Freund aus dem Institut für experimentelle Psychologie, Alexander Luria, war zur gleichen Zeit ebenfalls dort in einer leitenden Position tätig.⁵¹¹ Bernstein und er arbeiteten gemeinsam im Fachbereich der rehabilitativen Therapie.⁵¹² Luria hatte seinen Freund auch während der Exilzeit nicht vergessen. Er nutzte Bernsteins Theorien als Grundlage für eine gemeinsam mit A. Leontjew⁵¹³ durchgeführte klinische Arbeit zur schnelleren Rehabilitation von Kriegsveteranen.⁵¹⁴

⁵⁰⁶ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 114

⁵⁰⁷ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵⁰⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 114

⁵⁰⁹ Ebd. S. 67

⁵¹⁰ Ebd. S. 114-116

⁵¹¹ Ebd.

⁵¹² Ebd. S. 115

⁵¹³ *Alexei N. Leontjew* (1903-1979) war sowjetischer Psychologe, welcher gemeinsam mit K. Luria als Vertreter der Psychologischen Schule Vygotskys angesehen wird. Diese arbeiteten an grundlegenden Fragen der Entwicklung des Psychischen. In diesem Zusammenhang befasste A. Leontjew sich neben der Ontogenese der Psychologie auch mit der Tätigkeitstheorie.

Aus: LEONTJEW, A. N. 1982. *Tätigkeit, Bewusstsein, Persönlichkeit. Studien zur Kritischen Psychologie*, Köln. S. 138

⁵¹⁴ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport)., sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 114

3.9.2 Der Stalin-Preis (1948)

Nach der Rückkehr aus dem Exil stieg Bernstein somit schnell wieder in seine gewohnte Arbeit ein. Neben der praktischen Tätigkeit führte er aber auch sein im Exil begonnenes Werk *O построении движений (Über den Aufbau der Bewegungen)*⁵¹⁵ fort. Im Jahre 1948 erhielt Nikolai Bernstein für dieses Buch den Stalin-Preis^{516, 517}.

In der Sowjetunion galt dieser Preis als höchstes Zeichen einer Anerkennung. Als Anwärter dafür wurde er von dem Forschungsinstitut für Körperkultur⁵¹⁸ sowie von der Abteilung für Neurologie der Akademie für Medizinische Wissenschaften der UdSSR⁵¹⁹ vorgeschlagen. Neben der Ehre des Stalin-Preises erhielt Bernstein zu dieser Zeit auch den Titel als korrespondierendes Mitglied der Akademie der Medizinischen Wissenschaften.⁵²⁰ Darin zeigt sich die Anerkennung für Bernsteins Forschung unter seinen Fachkollegen.

3.9.3 Über den Aufbau der Bewegung

Das Werk für welches Bernstein mit dem Stalin-Preis ausgezeichnet wurde, fasst seine Ergebnisse über die Konstruktion der Bewegungen zusammen, die er in den vergangenen Jahren gesammelt hatte.⁵²¹ Neben den Ergebnissen seiner Experimente argumentierte Bernstein in diesem Werk auch viel von einem evolutionsgeschichtlichen Standpunkt aus. So

⁵¹⁵ BERNSTEIN, N. A. 1947. *O построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).

⁵¹⁶ Anmerkung: Der Stalinpreis, die höchste zivile Auszeichnung der Sowjetunion, wurde 1941 geschaffen, um herausragende Leistungen auf wissenschaftlichem, literarischem, künstlerischem oder musikalischem Gebiet zu würdigen. Häufig wurde der Preis für Einzelwerke eines Künstlers verliehen. Für die Auswahl der Preisträger existierte eine *Kommission für die Verleihung des Stalinpreises*.

Quelle und Auflistung der Träger des Stalinpreises: Seite „Stalinpreis“. In: WIKIPEDIA. 2018e. *Stalinpreis* [Online]. Wikipedia, die freie Enzyklopädie. Available:

<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stalinpreis&oldid=173200987> [Accessed 20.02. 2018].

⁵¹⁷ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport), sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁵¹⁸ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵¹⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 117

Anmerkung: Bei der Akademie für Medizinische Wissenschaften der UdSSR, handelte es sich um eine 1944 erfolgte Reorganisation des WIEM.

Quelle: GOLIKOV, Y. M., Y. 2006. *Прошлое и настоящее государственного учреждения «Институт экспериментальной медицины РАМН (Vergangenheit und Gegenwart des Instituts für Experimentelle Medizin)* [Online]. Russia. Available:

<http://www.medline.ru/public/histm/medbuildings/iem1.phtml> [Accessed 23.05. 2019].

⁵²⁰ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵²¹ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. Und vergleichend das Originalwerk: BERNSTEIN, N. A. 1947. *O построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).

zeigte Bernstein mit Beispielen aus der Evolution, weshalb für den Organismus, welcher sich motorisch immer weiterentwickelte, ein Informationsfluss über die wirkenden äußeren und inneren Kräfte notwendig war.⁵²² Bernstein stellte in diesem Werk auch die Theorie des Reflexringes anstelle des durch Pavlov beschriebenen Reflexbogens dar.⁵²³

Daneben widmete sich Bernstein auch der Frage nach der Koordination und Steuerung der Bewegung. Er beschrieb ein System mit verschiedenen Funktionsbereichen und unterschiedlichen Aufgaben im Aufbau der Bewegung. Hierbei nutzte Bernstein auch den Blick auf verschiedene Bewegungspathologien. Dabei zeigte sich besonders bei Ausfall eines speziellen Bestandteils des Bewegungssystems dessen jeweilige Aufgabe besonders deutlich.⁵²⁴

Das Werk *О построении движений* (deutsch: *Über den Aufbau der Bewegungen*) wurde zu einem Lehrbuch für Ärzte, welche sich mit der Rehabilitation von motorischen Dysfunktionen der zahlreichen Kriegsveteranen befassten.⁵²⁵ Es spiegelt somit auch die Arbeit wider, welcher Bernstein während des Entstehungsprozesses dieses Buchs in den Militärkrankenhäusern Tashkents sowie der Abteilung für Rehabilitation des WIEM nachgegangen war.

3.9.4 Die Hierarchie der Bewegungskoordination

Schon lange vor seinem Exil und dem Beginn seiner Arbeit an *О построении движений* (deutsch: *Über den Aufbau der Bewegungen*) versuchte Bernstein die Hintergründe der Bewegungskoordination zu verstehen. Er wendete sich früh von dem Gedanken ab, dass es einen einzigen, zentralen Impulsgeber gab, der die gesamte Bewegung ausführte. Vielmehr sah Bernstein die Bewegung als ein funktionelles System mit verschiedenen Ebenen der Organisation.⁵²⁶

Er beschrieb hierarchisch gegliederte Stufen der Koordination mit verschiedenen Aufgaben im zentralen und peripheren Nervensystem.⁵²⁷ Jede Ebene dieses

⁵²² DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. Und vergleichend das Originalwerk: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений* (*Über den Aufbau von Bewegungen*), Moskau, Медгиз (MedGiz).

⁵²³ Hierzu: DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S. 75

⁵²⁴ Ebd. S. 75-78

⁵²⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 117

⁵²⁶ LEONTJEW, A. N., LURIA, A. 1971. Geleitwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 9

⁵²⁷ Diese Theorie stellt Bernstein im zweiten Teil seines Buches vor, siehe: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений* (*Über den Aufbau von Bewegungen*), Moskau, Медгиз (MedGiz).

Koordinationsystems steuerte eine bestimmte Klasse von Bewegungen.⁵²⁸ Bernstein war somit einer der ersten sowjetischen Wissenschaftler, der die Bewegungsphysiologie von einem systemischen Standpunkt aus betrachtete.⁵²⁹ Auch wenn noch Jahrzehnte später die genaue Strukturierung und Verbindung der Koordinationsebenen nicht klar war,⁵³⁰ versuchte Bernstein die zugrunde liegenden physiologischen Merkmale zu beschreiben. Er orientierte sich dabei an der Evolution des Nervensystems und der damit zusammenhängenden Entwicklung der Motorik.

Je weiter sich ein Lebewesen in der Evolution entwickelte, umso differenzierter zeigte sich auch die Bewegung. Von den urzeitlichen Seelebewesen, welche auf eine Berührung mit unkoordinierten Bewegungen reagierten, hat sich mit der Entwicklung der Lebewesen auch die Bewegungsfähigkeit stets weiterentwickelt.⁵³¹ Bernstein übertrug die Evolution der zu beobachtenden Bewegung der Lebewesen auf die Weiterentwicklung des Nervensystems. Die ältesten Bereiche des Nervensystems regulierten die älteste Form der Bewegung, wie zum Beispiel den Tonus, während die jüngeren Anteile die Bewegung planten und ausführten.⁵³² Bernstein baute nach und nach eine hierarchische Struktur des Bewegungssystems auf.

Die älteste Ebene (Ebene A) ordnete er dem Rückenmark und Stammhirn zu.⁵³³ Diese Ebene war für die Steuerung und Aufrechterhaltung des Muskeltonus als Grundlage für die Bewegung zuständig.⁵³⁴ Zur zweiten Ebene (Ebene B) gehörten das Striatum und Pallidum, welche die Koordination der Muskel- und Gelenkverbindungen steuerten.⁵³⁵

Bernstein nutzte oft bildhafte Vergleiche, um seine Theorien verständlicher zu machen, so auch in diesem Fall. Er verglich die Ebenen A und B, zu welchen die älteren

⁵²⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 134

⁵²⁹ WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 186-187. , sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁵³⁰ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 10

⁵³¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S.129-131

⁵³² Ebd.

⁵³³ Ebd. S. 135

⁵³⁴ Ebd.

⁵³⁵ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. Und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 135

Anteile des zentralen Nervensystems zählten, mit einem Flugingenieur.⁵³⁶ Sie waren für die Regulation der Hintergrundbewegungen zuständig. Außerdem kontrollierte der Flugingenieur während des Fluges den Status der Maschine, während der Pilot das Flugzeug steuerte.⁵³⁷ Die nächste Ebene (C) richtete die Bewegung im Raum aus.⁵³⁸ Die Umgebung des Organismus wurde durch sensorische Rückmeldungen wahrgenommen. In den Bereichen des Cortex und Striatum, welche zur Ebene C zählten, wurde daraus eine Interaktion des Organismus mit seiner Umwelt möglich. Für die Lokomotion im Raum war aber neben einer sensorischen Information über die Umgebung auch ein Plan der Bewegung wichtig.⁵³⁹

Die höchste Ebene der Koordination (D) gehörte dieser Bewegungsplanung an.⁵⁴⁰ Diese Ebene war in der vollen Entwicklung nur beim Menschen zu erkennen, während die unteren Ebenen der Koordination auch im Tierreich zu finden waren.⁵⁴¹ Sie war also Bestandteil der jüngsten und am weitesten entwickelten Bereiche des Nervensystems.

Die zugehörigen Strukturen waren im Cortex lokalisiert.⁵⁴² Sie bauten einen Handlungsplan auf und steuerten die Bewegung entsprechend diesem Plan. Um zu Bernsteins Beispiel zurückzukommen, war diese höchste Ebene des Systems der Pilot. Während der Ingenieur die richtige Funktion des Systems sicherte, steuerte der Pilot das Flugzeug entlang der geplanten Strecke durch jegliche Turbulenzen an das Ziel.⁵⁴³ Auch die Topologie des Bewegungsaktes zählte zu dieser Ebene.⁵⁴⁴ Aus den einzelnen Bestandteilen der Bewegungsplanung wurde in dieser Ebene eine sinnvolle Handlung.⁵⁴⁵ Jede Planung einer Bewegung oder Handlung brauchte aber auch einen Ursprung.

⁵³⁶ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 136

⁵³⁷ Ebd. S. 136

⁵³⁸ Ebd. und DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S. 75

⁵³⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 140

⁵⁴⁰ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S: 76, sowie: NAIJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6.

⁵⁴¹ Ebd.

⁵⁴² Ebd.

⁵⁴³ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 136 und 140

⁵⁴⁴ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S. 176

⁵⁴⁵ Ebd., sowie: NAIJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6.

Bernstein bezeichnete die Ebene, die das Ziel der Bewegung generierte, als höheren Anteil der Ebene D oder auch als Ebene E.⁵⁴⁶ Hier entstand bewusst das Motiv der Handlung, während viele Anteile der unteren Ebenen unterbewusst abliefen.⁵⁴⁷ Sie bildete auch die Basis für jede intellektuell anspruchsvolle Aufgabe.⁵⁴⁸ Das Schrift- und Sprachverständnis, sowie das Erleben von Musik, Tanz, Theater und die Bedeutung von Handlungen hatten hier ihren Platz.⁵⁴⁹ Die höheren Ebenen der Bewegungskoordination besaßen somit zunehmend neue Eigenschaften, jedoch konnten sie auch Aufgaben der unteren Ebenen übernehmen.

Umgekehrt konnten Bestandteile der motorischen Handlung auch von höheren Ebenen in die niedrigen Ebenen übertragen werden. Bernstein nannte diesen Prozess eine Automatisierung.⁵⁵⁰ Somit konnten Hintergrundkorrekturen der Bewegung bei einer stetig veränderten Umwelt autonom stattfinden, was aber nicht bedeutete, dass diese immer wieder gleich und automatisch ablaufen würden.⁵⁵¹ Vielmehr verschwanden diese Aufgaben aus dem Bewusstsein.⁵⁵² Wie der genaue Austausch und die Verbindungen zwischen den verschiedenen Ebenen der Koordination tatsächlich waren, konnte auch noch Jahre nach Bernsteins Tod nicht ganz geklärt werden.⁵⁵³

Die Evolution zu diesem komplexen, hierarchisch gegliederten System erfolgte aber nicht zufällig. Von dem unkoordinierten Bewegungsmuster eines urzeitlichen Seelebewesens als Antwort auf einen sensorischen Reiz,⁵⁵⁴ entwickelte sich die Motorik weiter zu einer gerichteten Handlung. Sobald ein bestimmtes Ziel bestand, wie zum Beispiel die Nahrungsaufnahme, veränderten sich im Laufe der Evolution der Bewegungsapparat und das Nervensystem, um dieses Ziel möglichst optimal erreichen zu können.

⁵⁴⁶ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S. 76, sowie: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).

⁵⁴⁷ DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4. S. 76

⁵⁴⁸ Ebd. S. 76

⁵⁴⁹ Ebd., sowie: NAIJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6. Und: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).

⁵⁵⁰ BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hans Huber S. 164-165

⁵⁵¹ Ebd.

⁵⁵² Ebd.

⁵⁵³ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 10

⁵⁵⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 129

Nach und nach entwickelte sich so der sensorische Apparat des Lebewesens immer weiter, die Bewegung wurde aktiv und zielgerichtet, nicht mehr passiv und unkoordiniert.⁵⁵⁵

Eine aktive, zielgerichtete Bewegung auf Boden einer systemischen Bewegungskoordination wurde im Laufe seiner Arbeit wohl der wichtigste Schwerpunkt von Bernsteins Wissenschaft.

⁵⁵⁵ Ebd. S. 129-131

3.9.5 Nikolai Bernstein über die Gewandtheit

Mit *O построении движений* (deutsch: *Über den Aufbau der Bewegungen*) schuf Bernstein eine Arbeit, die insbesondere für ein medizinisches Fachpublikum gedacht war, und so auch genutzt wurde. Ihm war jedoch auch wichtig, sein Wissen einem breiteren Publikum zugänglich zu machen. Bernstein wollte ein Buch publizieren, durch welches der Leser einen einprägsamen Überblick über den aktuellen Wissensstand im Bereich der Bewegungswissenschaft erhielt.⁵⁵⁶ Dadurch sollte ein Allgemeinwissen in der Naturwissenschaft aufgebaut werden, was Bernstein immer wertschätzte.⁵⁵⁷ Neben Bernsteins persönlichem Wunsch eine allgemein verständliche Übersichtsarbeit zu schaffen, bestand dazu auch ein offizieller Auftrag. Die Leitung des Zentralen Forschungsinstituts für Körperkultur (russisch: *Центральный научно-исследовательский институт физической культуры*) unterstützte in diesem Sinn Bernsteins Anliegen. Sie bat Bernstein um eine Definition von Gewandtheit (Abb.4) auf einem psychophysikalischen Hintergrund.⁵⁵⁸

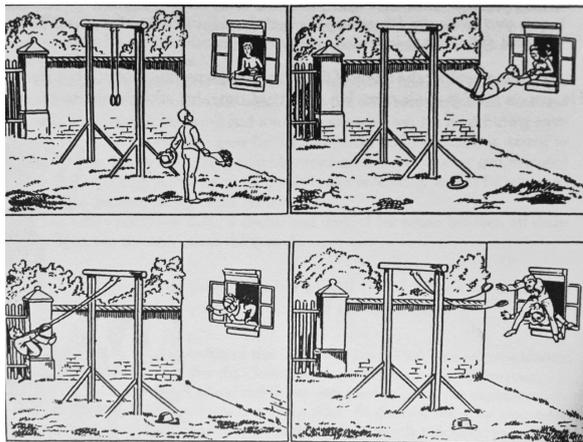


Abb. 4: Skizze zur Darstellung von Gewandtheit⁵⁵⁹

Für Bernstein zeigte sich die Gewandtheit auch im Sinne einer aktiven, intelligenten Überwindung von Hindernissen in der Umwelt. Bernstein illustrierte sein Buch selbst durch humorvolle Skizzen zum Verständnis der genutzten Begrifflichkeiten.

Neben seiner Arbeit an *O построении движений* (deutsch: *Über den Aufbau von Bewegungen*) war Bernstein parallel auch an dem 1947 fertiggestellten Buch *O ловкости и ее развитии* (deutsch: *Über Geschicklichkeit und ihre Entwicklung*)⁵⁶⁰ beschäftigt.⁵⁶¹

⁵⁵⁶ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 5 -9

⁵⁵⁷ Ebd. S. 5 -9

⁵⁵⁸ Ebd.

⁵⁵⁹ Aus: ebd. S. 18 Fig. 6, Copyright (© 2019) From *Dexterity and Its Development* by Latash M., Turvey, M. Reproduced by permission of Taylor and Francis Group, LLC, a division of Informa plc.

⁵⁶⁰ Das Werk erschien erst nach Bernsteins Tod in englischer Sprache: ebd.

⁵⁶¹ Ebd. S. 5-6

Zunächst fiel es Bernstein nicht leicht, einen Schreibstil zu entwickeln, in welchem seine komplexen Theorien allgemein und einfach verständlich wurden.⁵⁶² Bereits in seiner Jugend hatte er in seiner Freizeit prosaische Texte im Stil bekannter Autoren verfasst, was dabei vermutlich zu Gute kam.⁵⁶³ Für die bevorstehende Aufgabe nutzte Bernstein diese Methode, indem er eng an den Stil des wissenschaftlichen Autors Paul De Kruif⁵⁶⁴ anknüpfte.⁵⁶⁵ Dadurch wollte er ein populäres und verständliches Buch für die Allgemeinheit erschaffen.

Die zeitliche Nähe zu seiner Arbeit an *О построении движений* (deutsch: *Über den Aufbau von Bewegungen*) spiegelt sich auch inhaltlich in Bernsteins Buch über die *Gewandtheit wider*. Er stellte auch dort seine Theorien über die Konstruktion der Bewegung, basierend auf seinen Analysen von Sportbewegungen sowie der motorischen Dysfunktionen von Kriegsveteranen, dar.⁵⁶⁶ Bernstein benutzte auch erneut den Vergleich der Entwicklung der Bewegungsphysiologie mit der Evolutionsgeschichte. Er beschrieb zum Beispiel, dass höher entwickelte Lebewesen weniger Stereotypen in den Bewegungen zeigten, sondern mehr dynamische und angepasste Bewegungen.⁵⁶⁷ Hinsichtlich der *Gewandtheit*, welche er in dieser Arbeit darstellen sollte, folgerte Bernstein, dass das sensomotorische Lernen einen hohen Stellenwert einnahm.⁵⁶⁸ Durch die Entwicklung des sensomotorischen Lernens entwickelte sich auch die motorische Geschicklichkeit.

Bernstein beschrieb das sensomotorische Lernen in Form einer *Wiederholung ohne Wiederholung*.⁵⁶⁹ Anstelle der Einprägung eines motorischen Stereotyps findet die Wiederholung einer motorischen Aufgabe statt. Diese erfordert mit jedem Mal eine erneute Anpassung an die veränderten Konstellationen in der Umwelt.⁵⁷⁰ Diesen Aspekt hatte

⁵⁶² ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С. В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁵⁶³ Ebd.

⁵⁶⁴ Paul de Kruif (1890-1971) war ein amerikanischer Autor und Mikrobiologe, welcher mit seinem 1926 publizierten Werk *Microbe Hunters* (im Deutschen als *Mikrobenjäger* bekannt) berühmt geworden ist. Sein Ziel war, die Wissenschaft in spannender Art einem breiten Publikum zugänglich zu machen. *Microbe Hunters* wurde so zu einem großen Erfolg und u.a. für Film und Musical genutzt. Aus: MARANTZ-HENING, R. 2011. *The Life and Legacy of Paul de Kruif* [Online]. Available: <http://aliciapatterson.org/stories/life-and-legacy-paul-de-kruif> [Accessed 20.05. 2019].

⁵⁶⁵ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 5-9

⁵⁶⁶ LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience *Dexterity and its Development*. L. Erlbaum Associates. S. 238

⁵⁶⁷ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218

⁵⁶⁸ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 204 ff.

⁵⁶⁹ Ebd. S. 204 ff., ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁵⁷⁰ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 204, ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

Bernstein bereits in seinen ersten experimentellen Studien zum Hammerschlag des Arbeiters erkannt. Die Bewegungslaufbahn jedes Schlages war zwar unterschiedlich, führte aber jedes Mal zu einem erfolgreichen Ergebnis.⁵⁷¹

Diese Beobachtung setzte sich auch in Bernsteins Klavierstudien fort, in welchen Bernstein einen wichtigen Aspekt der repetitiven, musikalischen Übungen in dieser *Wiederholung ohne Wiederholung* sah.⁵⁷² Das Besondere an dieser Theorie ist die dynamische und plastische Konstruktion der Bewegung, frei von passiven Stereotypen. Die menschliche Bewegung und ihre Gewandtheit sind somit in Bernsteins Augen ein lebendiger Prozess zwischen dem Individuum und seiner Umwelt.⁵⁷³

⁵⁷¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 82

⁵⁷² Über Bernsteins Errungenschaften für die Lehrmethoden von Musikern siehe Näheres in: ITO, J. P. 2011. Repetition without Repetition: Bernsteinian Perspectives on Motor Learning for Musicians. *College Music Symposium*, 51.

⁵⁷³ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 9

3.10 Wiederaufkeimende Kritik

3.10.1 Fortsetzung der Repressionen

Bernstein erfuhr nach der Rückkehr aus dem Exil für seine Arbeit mit dem Stalin-Preis und dem medizinischen Doktorandentitel eine hohe Anerkennung. Er lebte jedoch weiter in einer Zeit, in der mit Anklagen und Verhaftungen potenzieller Regimegegner gerechnet werden musste.⁵⁷⁴ Den Denunziationen fielen nicht nur potenzielle Meinungsgegner des Regimes zum Opfer, sondern auch Unterstützer westlicher Wissenschaften und Ansichten.⁵⁷⁵ Die Repressionen wendeten sich beinahe ungeachtet gegen alle sowjetischen Bevölkerungsgruppen.⁵⁷⁶

Stalins Wendung gegen den *Kosmopolitismus* äußerte sich in der Gesellschaft so unter anderem auch in Repressionen gegen die jüdische Bevölkerung.⁵⁷⁷ Was sich bereits in den Vorkriegsjahren ereignet hatte, setzte sich in den frühen Jahren nach Ende des zweiten Weltkrieges fort. Es kam zu einer Reihe von Vorwürfen des regimegegnerischen Handelns in Reihen der russischen Intelligentsia, so auch gegenüber Biologen, Komponisten und Ärzten.⁵⁷⁸ In dieser Zeit konnte Bernstein selbst der 1948 erhaltene Stalin-Preis nicht vor kritischen Angriffen schützen.⁵⁷⁹ Schon früher, vor Bernsteins Exil, waren Stimmen gegen seine Arbeit laut geworden, allerdings nicht im Rahmen einer öffentlichen Diskussion.⁵⁸⁰

Noch im gleichen Jahr aber, in welchem Bernstein den Stalin-Preis erhielt, fiel seine Arbeit im Unionsausschuss für Sport und Körperkultur öffentlicher Kritik zum Opfer.⁵⁸¹ Zwar wurde Bernsteins Werk als wertvoller Beitrag in der sowjetischen Wissenschaft gesehen, seine gegensätzliche Haltung zu den pavlovianischen Theorien aber schwer kritisiert.⁵⁸²

Bernstein wurde vorgeworfen, dass er Pavlovs Lehren zutiefst fehlerhaft und herabsetzend im Vergleich zu ihrer eigentlichen Relevanz für die sowjetische Physiologie

⁵⁷⁴ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 234-236

⁵⁷⁵ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 249

⁵⁷⁶ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 205 ff.

⁵⁷⁷ MARGOLINA, S. 1992. *Das Ende der Lügen*, Berlin: Siedler. S. 92

⁵⁷⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 145 ff.

⁵⁷⁹ ROBY-BRAMI, A. G., RÉMI. 2010. A historical perspective on learning: the legacy and actuality of I. M. Pavlov and N. A. Bernstein. Available: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01383006/file/Bernstein_Pavlov_preproof.pdf.

⁵⁸⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 66

⁵⁸¹ SIROTKINA, I. 1995. N.A. Bernshtein: The Years Before and After the "Pavlov Session". *Russian Studies in History*, 34, 24-36. S. 30

⁵⁸² Ebd.

dargestellt habe.⁵⁸³ Aus diesen Vorwürfen schien der Beginn einer Reihe unterschiedlicher Anschuldigungen gegenüber Bernstein entstanden zu sein.

Nur ein Jahr später wurden in der Zeitschrift *Теория и практика физической культуры* (deutsch: *Theorie und Praxis der physikalischen Kultur*)⁵⁸⁴ schwere Vorwürfe gegen Bernstein laut.⁵⁸⁵ Er wurde unter anderem als *Kosmopolit* bezeichnet, der die westlichen Werte unterstützte.⁵⁸⁶ Ein Grund dafür war mitunter, dass Bernstein häufiger auf Arbeiten wie die des Amerikaners Sherrington⁵⁸⁷ Bezug genommen und sich zum Teil auch von ihnen beeinflussen lassen.⁵⁸⁸ Unter den zu jener Zeit herrschenden Ideologien war so etwas eine schwere Anschuldigung mit der Gefahr gravierender Konsequenzen.

3.10.2 Die Pavlov-Konferenz 1950

Bernstein befand sich in einer unsicheren Situation, in welcher es durch die gegen ihn gefallenen Stimmen jederzeit zu einem Berufsverbot oder schlimmeren Folgen für ihn und seine Familie kommen konnte. Diese unsichere Zeit sollte sich für Bernstein weiter fortsetzen. Im Sommer 1950 fand die sogenannte *Pavlov-Konferenz* statt. Dies war eine gemeinsame Konferenz der Akademie der Wissenschaften der UDSSR und der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der UDSSR zu Ehren des wissenschaftlichen Erbes Pavlovs.⁵⁸⁹ Die Theorien Pavlovs hatten bereits in den 1930er Jahren einen großen Einfluss in der sowjetischen Physiologie und wurden schon dann als Leitbild in der Wissenschaft

⁵⁸³ Ebd. Sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 145 ff.

⁵⁸⁴ Bei dieser Zeitschrift handelt es sich um die Ausgaben Nr.4,5,6 der russischen Zeitschrift *Теория и практика физической культуры* (Übersetzung: *Theorie und Praxis der physikalischen Kultur*) desselben Jahres. Siehe hierzu: FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 249

⁵⁸⁵ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 108

⁵⁸⁶ Ebd., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁵⁸⁷ *Sir Charles Scott Sherrington* (1857-1952) war ein britischer Neurophysiologe. Für seine Entdeckungen auf dem Gebiet der Funktionen der Neuronen erhielt er 1932 gemeinsam mit Edgar Douglas Adrian den Nobelpreis für Medizin. 1897 prägte er den Begriff Synapse. Aus: Seite „Charles Scott Sherrington“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 3. Februar 2018, 19:27 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2018a. *Charles Scott Sherrington* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Scott_Sherrington&oldid=173632553 [Accessed 07.06. 2018].

⁵⁸⁸ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 262

⁵⁸⁹ GORDON, W. W. 1951. The Pavlov Conference. *Soviet Studies*, 3, 34-59.

gesehen.⁵⁹⁰ Nach Pavlovs Tod setzte sich diese Tendenz in Form eines Neo-Pavlovianismus, wie die Autoren O. G. Meijer und S. DeBruin es bezeichnen, fort.⁵⁹¹

Öffentliche Institutssitzungen waren unter der stalinistischen Regierung weit verbreitet. Sie waren meist aber keine neutralen Diskussionen zur Entwicklung neuer Theorieansätze, sondern dienten mehr einer systematischen Anschuldigung und Kritik an vermeintlichen Regimegegnern.⁵⁹² Den Beschuldigten blieb oft auch keine Möglichkeit zur Verteidigung gegen die Vorwürfe.⁵⁹³ Die Folgen einer Anschuldigung während jener Sitzungen waren unter anderem Verhaftungen und Deportationen.⁵⁹⁴ Ein schweres Schicksal für diejenigen, die von den Kritiken getroffen wurden.

Die *Pavlov-Konferenz* wurde von Nachfolgern und Schülern I. Pavlovs geleitet.⁵⁹⁵ Darunter war auch A.G Iwanow-Smolensky⁵⁹⁶. Diesen hatte Nikolai Bernstein in seinem Buch *Современные искания в физиологии нервного процесса* (deutsch: *Moderne Untersuchungen in der Physiologie des Nervensystems*)⁵⁹⁷ mit ironischem Ton zuvor selbst kritisiert.⁵⁹⁸ Wahrscheinlich war es ein Glück für Bernstein, dass dieses Buch schon vorher von der Publikation zurückgenommen worden war und somit zu dem Zeitpunkt nicht

⁵⁹⁰ SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 34

⁵⁹¹ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 206

⁵⁹² BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S.S. 249-251

⁵⁹³ Ebd. S. 249-251

⁵⁹⁴ Ebd.

⁵⁹⁵ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 207

⁵⁹⁶ Anatoli Georgijewitsch Iwanow-Smolenski (1895-1982) war ein sowjetischer Arzt, Pathophysiologe und Psychiater. 1950 erhielt er den Stalin-Preis für seine Arbeiten im Bereich der Pathophysiologie und Psychiatrie. Während seiner wissenschaftlichen Laufbahn wechselte er als Laborassistent Bekhterevs in die Laboratorien I. Pavlovs.

Später leitete er die Moskauer Filiale des Instituts für Pathologie der höheren Nerventätigkeit I. P. Pawlow. 1952 wurde er Direktor des Instituts für höhere Nerventätigkeit, das zur Akademie der Wissenschaften der UdSSR gehörte.

Aus: WIKIPEDIA. 2019b. *Anatoli Georgijewitsch Iwanow-Smolenski* [Online]. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Anatoli_Georgijewitsch_Iwanow-Smolenski&oldid=178387306 [Accessed 26.06. 2019].

⁵⁹⁷ BERNSTEIN, N. A. 2003. *Современные искания в физиологии нервного процесса* (*Moderne Untersuchungen in der Physiologie des Nervensystemes*), Moskau, Смысл (Smysl-Die Bedeutung).

⁵⁹⁸ In diesem Beispiel kritisierte Bernstein sehr ironisch die Theorie der somatotopischen Organisation des zentralen Nervensystems durch Pavlov und seine Schüler, indem er Pavlov und A.G. Iwanow-Smolenski als Beispiel für eine imaginäre Konversation nahm. Siehe: SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag. S. 38

veröffentlicht war. In der *Pavlov-Konferenz* wurde Bernstein auch nicht als eine der Hauptpersonen angeklagt.⁵⁹⁹ Dennoch fiel sein Name im Laufe der Diskussion.

Erneut war hierbei ein fehlender oder unpassender Bezug der Theorien Bernsteins auf die pavlovianischen Lehren ein Hauptkritikpunkt.⁶⁰⁰ Zusätzlich wurde auf der Versammlung generell der Bezug auf westliche Einflüssen beanstandet. Insbesondere europäische und amerikanische Naturwissenschaftler wie Sherrington oder Freud wurden generalisiert als anti-wissenschaftlich bezeichnet.⁶⁰¹ Auch in Bernsteins Arbeiten finden sich an vielen Stellen Einflüsse europäischer und amerikanischer Wissenschaftler.

Weshalb Bernsteins Arbeiten keiner schwereren Kritik zum Opfer gefallen sind, sondern nur mehr oder weniger beiläufig diskutiert wurden, kann mehrere Ursachen haben. In einer Abhandlung über Bernsteins Leben und Wirken wird durch die Autoren M.Latash und J. Feigenberg ein möglicher Erklärungsansatz gefunden. Die Signifikanz und wissenschaftliche Bedeutung von Bernsteins gänzlich neuem systemischen Ansatz in der Bewegungstheorie schien den meisten Kritikern zum Zeitpunkt der Versammlung noch kaum bewusst gewesen zu sein.⁶⁰² Außerdem war Bernstein erst zwei Jahre zuvor durch den Stalin-Preis als angesehenere sowjetischer Wissenschaftler ausgezeichnet worden. Eine überspitzte Kritik an einem durch diesen großen Nationalpreis ausgezeichneten Forscher wäre für die Gegner Bernsteins schwer zu verteidigen gewesen.⁶⁰³

Einen größeren Einfluss auf die weitere Entwicklung von Bernsteins Forschungsweg nahmen weniger die einzelnen Diskussionen gegen seine Arbeit, sondern vielmehr die allgemeinen Beschlüsse, die aus der Versammlung hervorgingen. Dazu zählte zum Beispiel der Beschluss, dass die Universitäten und medizinischen Institute mit neuen Lehrbüchern im Bereich der Physiologie und Pathophysiologie versorgt werden sollten.⁶⁰⁴ Inhaltlich basierte die neue Literatur auf den Theorien Pavlovs.⁶⁰⁵ Die pavlovianischen Theorien wurden zu

⁵⁹⁹ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 261, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁰⁰ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 261, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁰¹ GORDON, W. W. 1951. The Pavlov Conference. *Soviet Studies*, 3, 34-59. S. 36

⁶⁰² FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 262

⁶⁰³ Ebd. S. 262

⁶⁰⁴ GORDON, W. W. 1951. The Pavlov Conference. *Soviet Studies*, 3, 34-59. S. 48, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁰⁵ Ebd.

einer allgemeingültigen Grundlage der sowjetischen Physiologie und auch Bewegungsphysiologie.⁶⁰⁶ Neben den Wissenschaftlern, die unmittelbar auf der Versammlung angegriffen worden sind, waren nun auch diejenigen in Gefahr, deren Theorien nicht in den Rahmen des Pavlovianismus passten.⁶⁰⁷

3.10.3 Kritiken in der *Pravda*

Neben öffentlichen Diskussionen war ein wichtiger Kanal für die führende politische Meinung die kommunistische Zeitschrift *Pravda*.⁶⁰⁸ Ab 1917/18 war Stalin selbst Chefredakteur der Zeitung.⁶⁰⁹ Nach einer Veröffentlichung und dem damit verbundenen Aufruf in der *Pravda* handelte meist der Staatsdienst.⁶¹⁰

Auch nach der *Pavlov-Konferenz* erschienen zusammenfassende Artikel über die Diskussion und die getroffenen Beschlüsse – mit weitreichenden Folgen. Der Vorsitz der Akademie der Medizinischen Wissenschaften und die Ministerien für Erziehung und Gesundheitswesen wurden zu einer kritischen Abwägung und Abänderung von Erziehungs- und Lehrprogrammen aufgefordert.⁶¹¹ Diese sollten mit den Beschlüssen aus der *Pavlov-Konferenz* übereinstimmen.

Im Sommer 1950 wurde außerdem ein Artikel über Bernstein in der *Pravda* veröffentlicht.⁶¹² Die Autoren kritisierten Bernsteins Bezug zu westlichen Wissenschaftlern und beschuldigten ihn, die Entwicklung der sowjetischen physikalischen Kultur durch seine anti-pavlovianischen Tendenzen zu schädigen.⁶¹³

3.10.4 Nachfolgen der Kritik

Weder der Stalin-Preis noch die Anwendbarkeit von Bernsteins Wissenschaft in der Medizin, Rehabilitation und Sport schützten ihn nun von den Konsequenzen dieser Kritik. Hinzu kam wohl erschwerend, dass auch der Ausschluss von Juden aus hohen Positionen in den frühen

⁶⁰⁶ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 261-262

⁶⁰⁷ Ebd.

⁶⁰⁸ *Pravda* (russ.: „Die Wahrheit“) war eine sowjetische Zeitung, welche als offizielles Organ der kommunistischen Partei der Sowjetunion galt. Aus: BRITANNICA.COM. *Pravda* [Online]. Encyclopaedia britannica, inc. Available: <https://www.britannica.com/topic/Pravda> [Accessed 26.06 2019]. Siehe auch: LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 103

⁶⁰⁹ TROTZKI, L. 2006. *Stalin: Eine Biographie*, Köln, Kiepenheuer & Witsch. S. 183-184

⁶¹⁰ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 249

⁶¹¹ GORDON, W. W. 1951. The Pavlov Conference. *Soviet Studies*, 3, 34-59. S. 34

⁶¹² FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 119

⁶¹³ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 250

1950er Jahren zunahm.⁶¹⁴ Kurz nach den Anschuldigungen in der *Pravda* musste Nikolai Bernstein seine öffentliche Arbeit niederlegen. Seine Laboratorien wurden zerstört und seine Dienstverhältnisse beendet.⁶¹⁵ Das bereits vollendete Werk *О ловкости и ее развитии (Über Gewandtheit und ihre Entwicklung)* wurde aus der Publikation genommen.⁶¹⁶

Bereits seit seiner Rückkehr aus dem Exil arbeitete Bernstein mehr an theoretischen als an experimentellen Aufgaben. In den frühen 1950er Jahren war Bernstein aber nicht mehr an den Instituten für Körperkultur und Rehabilitation am Neurologischen Institut der Akademie Medizinischer Wissenschaften praktisch tätig.⁶¹⁷

Trotz der großen Gefahr, der Bernstein und seine Familie durch die Kritik ausgesetzt waren, stand er jedoch weiterhin zu seinen Positionen. Er nahm auch keine Möglichkeit eines Widerrufs, wie ihm in Sorge von seinem Freund Luria empfohlen wurde, wahr.⁶¹⁸ Bernstein war nicht nur von seinen Instituten ausgeschlossen, auch von seinen ehemaligen Kollegen, Freunden und einigen Schülern wurde er gemieden.⁶¹⁹ Trotz der Repressionen, die ihn ereilten, äußerte Bernstein sich nie negativ gegen die politische Führung und blieb ein „loyaler Dissident“⁶²⁰.

Auch Bernsteins privates Leben veränderte sich in dieser Zeit. Nach Ende seiner Arbeitsverhältnisse lebte die Familie fortan durch ein Stipendium der Akademie der Medizinischen Wissenschaften⁶²¹ und musste, wie zu dieser Zeit üblich, in eine von mehreren Parteien geteilte Kommunalwohnung ziehen.⁶²² Untätig blieb Bernstein während dieser Zeit aber nicht und nutzte sein fachliches Wissen zur Rezension und Referierung ausländischer Zeitschriften und Bücher, was seiner Familie zwar nur eine geringe, aber dennoch eine

⁶¹⁴ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 249-250

⁶¹⁵ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 250, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶¹⁶ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С. В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁶¹⁷ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 250

⁶¹⁸ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶¹⁹ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10.

⁶²⁰ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S.218

⁶²¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 62

⁶²² LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10.

zusätzliche Einnahmequelle bot.⁶²³ Ähnlich wie zu der Zeit im sibirischen Exil und in Tashkent setzte Bernstein darüber hinaus auch seine theoretischen Arbeiten fort.

3.11 Bernsteins letzte Arbeitsphase (1953-1966)

3.11.1 Wiedereingliederung am Neurologischen Institut

Mit dem Tod Stalins im Jahr 1953 waren weitere mögliche Auswirkungen des stalinistischen Terrors und der Repression gegen große Teile der Bevölkerung beendet.⁶²⁴ Im selben Jahr durfte auch Bernstein wieder öffentlich arbeiten.⁶²⁵ Als Senior Wissenschaftler am Institut für Neurologie der Akademie Medizinischer Wissenschaften wurde er wieder in die universitäre Forschung aufgenommen.⁶²⁶ Diese Position behielt Bernstein bis in das Jahr 1956.⁶²⁷

Er beschäftigte sich in der Neurologie unter anderem mit dem Thema, wie die Koordination nach Schäden des zentralen Nervensystems wiedererlangt werden konnte.⁶²⁸ Wichtige Ergebnisse aus diesem Schwerpunkt stellte er 1954 auf dem 7. Neurologischen Kongress in Moskau gemeinsam mit seiner Fachkollegin G.R. Buravtseva vor.⁶²⁹ Bernstein hatte auch Jahre zuvor bereits im Bereich der Bewegungspathologien geforscht. Anders als an den zuvor erfolgten Studien in den 1930er Jahren am WIEM konnte Bernstein am Institut für Neurologie in relativ kurzer Zeit eine höhere Zahl an Patientendaten sammeln.⁶³⁰ Gemeinsam mit seinen in der Zwischenzeit aufgearbeiteten theoretischen Ansätze aus der Bewegungswissenschaft erlaubte das Bernstein einen neuen Einblick in den Bereich der Pathologien der Bewegung.

⁶²³ Ebd.

⁶²⁴ BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt. S. 150 und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 150 ff.

⁶²⁵ ebenfalls in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶²⁶ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 63 ff.

⁶²⁷ Ebd. S.65

⁶²⁸ BERNSTEIN, N. A., BURAVTSEVA, G. R. 1954. Координационные нарушения и восстановление биодинамики ходьбы после поражений головного мозга (Beeinträchtigung der Koordination und Wiederherstellung der Biodynamik des Gangs nach Hirnschädigung). 7. *Научная сессия инст. неврол. академии мед. наук СССР* (7. Kongress des Instituts für Neurologie der Akademie Medizinischer Wissenschaften). Moscow, Academy of Medical Science, Institute of Neurology.

⁶²⁹ Ebd.

⁶³⁰ WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 184

Bernsteins Konzeption der Bewegungspathologien entwickelte sich von dem Versuch, die Pathognomik biomechanisch darzustellen,⁶³¹ zu einer Beschreibung der Bewegungspathologien als koordinative Störungen.⁶³² Dadurch wurde die Bewegungspathologie des Organismus ganzheitlich mit all seinen Anpassungsvorgängen betrachtet. Neben den primären Funktionsstörungen beschrieb Bernstein auch kompensatorisch-adaptive Störungen, welche er und seine Mitarbeiter in den Bewegungsanalysen erkannten.⁶³³

Trotz dieser wichtigen Arbeiten für die Bewegungsmedizin und Rehabilitation, denen Bernstein am Institut für Neurologie nachging, war er in den Fachkreisen nicht mehr so anerkannt wie vor Ausbruch des zweiten Weltkrieges.⁶³⁴ Weiterhin lebte die Familie Bernstein in einer der Kommunalwohnungen Moskaus, wo Bernstein einen großen Teil des Tages als Lehrer arbeitete.⁶³⁵ Neben seinen Schülern konsultierten ihn auch andere Wissenschaftler, Sportler und sogar Musiker, die um ein Gespräch und um Rat Bernsteins zu verschiedenen Anliegen baten.⁶³⁶

⁶³¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 65-66

⁶³² WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 181, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶³³ WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 184, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶³⁴ WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188. S. 181-182

⁶³⁵ Siehe: NAJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6.

⁶³⁶ Siehe: ebd.

3.11.2 Bernstein und die Kybernetik

Nach Ende der stalinistischen Regierung zeigten die Naturwissenschaften langsam wieder eine neue Diversität und verschiedene Theorien entwickelten sich fort. Zu einer neuen Entwicklungslinie zählte die Kybernetik,⁶³⁷ die in den frühen 1960er Jahren in die Naturwissenschaften einzog.⁶³⁸ Durch die Kybernetik wurde die Selbstregulation von Systemen beschrieben. Angewendet gab dieser wissenschaftliche Pfad der Wirtschaft und Ökonomie Russlands die Möglichkeit, nach den Kriegsjahren und Repressionen wieder aufzuschwingen.⁶³⁹

Bernstein selbst beschrieb, dass der Wandel in der Physiologie zu dieser Zeit durch die großen Veränderungen in der Industrie und dem alltäglichen Leben erfolgte, die ein steigender technischer Fortschritt mit sich brachte.⁶⁴⁰ Besonders die Rolle des Menschen gestaltete sich dadurch um. Während der Mensch früher die Arbeitsprozesse ausführte, war er nun in der Position, die größtenteils automatisierten Prozesse zu leiten und zu steuern.⁶⁴¹

Somit änderte sich der Anspruch an die Bewegungsphysiologie, indem anstelle der Mechanik der Arbeitsbewegung die Steuerung des Systems von Interesse wurde.⁶⁴² Bernstein betrachtete in seiner Forschung schon früh nicht nur die Mechanik der Bewegung. Er erkannte die Relevanz der übergeordneten Systeme der Koordination bei einer lebendigen Bewegung, bevor die Kybernetik als Wissenschaft über Steuerungsfunktionen komplexer Systeme⁶⁴³ entstand.⁶⁴⁴ Nicht umsonst war Bernstein somit im Jahr 1957 auf dem ersten Seminar der Kybernetik einer der leitenden vortragenden Wissenschaftler.⁶⁴⁵ Er beschrieb viele wichtige

⁶³⁷ Definition: Der Begriff wurde von Norbert Wiener für eine Theorie verwendet, die Regelvorgänge in belebten und unbelebten Systemen gleichermaßen beschreiben sollte. Er meint meist Theorie und Technik selbstregelnder Systeme, als welche wohl ebenso organische wie mechanische, psychische wie soziale Systeme verstanden werden, die sich einem bestimmten Programm gemäß verhalten und Störeinflüsse innerhalb einer bestimmten Größenordnung selbst auszugleichen vermögen. Aus: WILLMANN-INSTITUT 1972. Kybernetik. *Lexikon der Pädagogik*. Wien: Ehrenwirth Verlag. S. 17-18

⁶³⁸ KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273. S. 275

⁶³⁹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 65

⁶⁴⁰ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 217

⁶⁴¹ Ebd.

⁶⁴² Ebd.

⁶⁴³ PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 199

⁶⁴⁴ DONSKOY, D., DMITRIYEV, S. 1996. N.A. Bernstein and Domestic Biomechanics's Development. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 4-10. S. 5

⁶⁴⁵ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 65

Grundlagen schon vor, in jedem Fall jedoch zeitgleich mit, Norbert Wiener⁶⁴⁶, welcher als Begründer der Kybernetik gesehen wird. Dazu gehört zum Beispiel, wie sich die Bewegung an Störgrößen und an eine wechselnde Umwelt durch die sensorische Rückmeldung anpassen kann, sowie in diesem Zusammenhang auch die Theorie des geschlossenen Reflexbogens.⁶⁴⁷

Für seine revolutionären und neuen Sichtweisen auf die Bewegung als selbstregulierendes, funktionelles System, erhielt Bernstein während seines Lebensweges jedoch nicht nur Zustimmung, sondern wurde zugleich Opfer von Repressionen, bis hin zu einem Arbeitsverbot. Unter den Folgen der Pavlovianisierung in der Physiologie und Psychologie wurden Bernsteins Theorien als idealistisch verurteilt.⁶⁴⁸ Es gab zu dieser Zeit noch nicht die Kybernetik als anerkannten Forschungsbereich, in dessen Rahmen Bernsteins Lehren aufblühen hätten können.⁶⁴⁹

3.11.3 Der Begriff der Aktion in der Bewegungsphysiologie

Der Schwerpunkt der Bewegungs- und Arbeitsphysiologie wendete sich nicht nur von der Analyse der Biomechanik zu der von Steuerfunktionen, es wurde auch zunehmend die Aktion anstelle der Reaktion in der Bewegungswissenschaft betrachtet.⁶⁵⁰ Ebenso war die Naturwissenschaft in den Jahrzehnten davor oft von Tierstudien geprägt, mit der Zeit rückte aber immer mehr der aktive, lebende Mensch in den Mittelpunkt.⁶⁵¹ Bernstein bemühte sich bereits von Beginn an darum, den Mensch in einer möglichst natürlichen Umgebung zu untersuchen.⁶⁵² Nachdem er erfolgreich die Biomechanik des menschlichen

⁶⁴⁶ *Norbert Wiener* (1894-1964) war amerikanischer Mathematiker, welcher sich in seiner frühen Forschung mit der Steuerung von Maschinen (z.B. Flugzeugen) befasste, die über rückkoppelnde Mechanismen die Möglichkeit zur eigenen automatischen Steuerung besaßen. In diesem Zusammenhang prägte er in einem zusammenfassenden Werk seiner Arbeit zur Kommunikation und Steuerung im Jahre 1947 den Begriff der Kybernetik.

Aus: URBIG, D. 2001. *Norbert Wiener (1894-1964)* [Online]. Available: <http://www.diemo.de/projects/nwiener/nwiener.pdf> [Accessed 23.05 2019].

⁶⁴⁷ Zum Beispiel in: BERNSTEIN, N. A. 1935. Проблема взаимоотношений координации и локализации (Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation). *Архив биологический наук (Archiv der Biologiewissenschaften)*, 38, 1-34.

⁶⁴⁸ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S.11-12

⁶⁴⁹ Ebd. S. 12

⁶⁵⁰ DAVYDOV, V. 1996. Interrelation of L.S.Vygotsky and N.A. Bernshtein Scientific Schools Ideas. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 10-15. S. 12

⁶⁵¹ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 216

⁶⁵² BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 68

Bewegungsapparats studiert hatte und darüber Theorien über die Koordination aufbauen konnte, wendete er sich immer mehr der Frage nach dem Ursprung zu.⁶⁵³

Bernstein sah die Bewegung nicht durch einen externen Stimulus initiiert und geleitet, sondern suchte nach etwas, was von dem Organismus selbst entsprang.⁶⁵⁴ Dabei dachte er an ein Ziel der Bewegung oder ein Bestreben zu einer erfolgreichen Handlung, welche sich das Individuum aktiv selbst setzte.⁶⁵⁵ Es entstand die Physiologie der Aktivität.⁶⁵⁶

Bernstein nutzte für eine wissenschaftliche Erklärung dieser Theorie die Verbindung von unterschiedlichen Fachbereichen. Gerade bei dieser Beschreibung des Ursprungs der Bewegung und Handlung scheinen die Grenzlinien der Physiologie, Psychologie und Biologie in seinen Arbeiten zu verschwinden.⁶⁵⁷ Um die Theorie eines aktiven, inneren Ursprungs der Handlung naturwissenschaftlich belegbar zu machen, bezog Bernstein in dem Zusammenhang besonders die Biologie in seine Theorien mit ein.⁶⁵⁸ Daneben bildete auch die Psychologie einen wesentlichen Bestandteil. Bernstein beschrieb die Physiologie der Aktivität als intellektuellen, hochgradig komplexen psychologischen Akt des zentralen Nervensystems.⁶⁵⁹

Das zeigte sich in seinen Forschungsergebnissen darin, dass das Individuum nicht bloß passiv auf externe Stimuli reagierte. Die verschiedenen Sinneseindrücke aus der Umwelt wurden je nach Relevanz für die Handlung aktiv durch das Individuum wahrgenommen.⁶⁶⁰ Je nachdem, wie wichtig die verschiedenen Informationen aus der Umgebung für die erfolgreiche Handlung waren, konnte sich der Organismus danach ausrichten.⁶⁶¹

⁶⁵³ VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 4, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁵⁴ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 270, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁵⁵ Ebd.

⁶⁵⁶ Über Bernsteins Physiologie der Aktivität u.A. in: VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. Sowie FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 150 ff.

⁶⁵⁷ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 160, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁵⁸ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 66

⁶⁵⁹ VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 8, auch in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁶⁰ BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth S. 206

⁶⁶¹ Ebd. S. 206

Die Wahrnehmung und Aufnahme der Eindrücke aus der Umgebung des Individuums beschrieb Bernstein als einen aktiven Prozess.⁶⁶² Dem folgte, dass die Umwelt, oder ihr zentral abgebildetes Modell, nicht nur eine passive Ansammlung von Reizen und Impulsen war. Vielmehr baute sich ein dynamisches Modell der Umgebung durch eine aktive Rezeption im zentralen Nervensystem auf.⁶⁶³

3.11.4 Alexei Ukhtomskys Einfluss auf Nikolai Bernstein

In der Theorie der Aktivität, welche sich in Bernsteins Arbeiten zunehmend zeigte, ist auch der Einfluss eines weiteren sowjetischen Physiologen zu erkennen. Neben I. Sechenov,⁶⁶⁴ fand Bernstein auch Inspiration und die Möglichkeit zum Austausch in dem sowjetischen Physiologen Alexei Ukhtomsky⁶⁶⁵. Seine Bewunderung für diesen zeigte Bernstein mit der Widmung eines seiner 1935 erschienenen Werke.⁶⁶⁶

Alexei Ukhtomsky war ein Schüler I. Sechenovs,⁶⁶⁷ welcher auch Bernsteins Arbeit beeinflusste. Anders als bei Sechenov, den Bernstein nicht persönlich kennenlernte, war es für Bernstein möglich Ukhtomsky im Jahr 1934 zu treffen und sich mit ihm auszutauschen.⁶⁶⁸ Schon in den 1920er Jahren lobte der damals bereits renommierte sowjetische Physiologe Ukhtomsky die Präzision und Qualität von Bernsteins Aufnahmemethodik.⁶⁶⁹ Er verglich die (Kymo-)Zyklogrammetrie sogar mit der Erfindung eines Mikroskops für die Bewegungsphysiologie.⁶⁷⁰ Ukhtomsky lag, genau wie Bernstein, viel an einer präzisen und

⁶⁶² PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. Bewegungsphysiologie. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 201

⁶⁶³ BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth S. 204, auch in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁶⁴ Vergleichend Kapitel 3.4.5 der vorliegenden Arbeit.

⁶⁶⁵ *Alexei Alexeyevich Ukhtomsky* (1875–1942) war ein sowjetischer Physiologe, welcher insbesondere für seine Theorie der Dominante im Bereich der Verhaltenspsychologie bekannt wurde. Aus: WIKIPEDIA. 2019a. *Alexei Ukhtomsky* [Online]. Wikipedia, The free Encyclopedia. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Alexei_Ukhtomsky&oldid=901165050 [Accessed 27.06.2019].

⁶⁶⁶ Nikolai Bernstein widmete ihm folgende Publikation: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 66-99

⁶⁶⁷ Hierzu: UKHTOMSKY, A. A. 1966. *Доминанта (Dominante)*, Moskau, Nauka Press. S. 120

⁶⁶⁸ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 49

⁶⁶⁹ Ebd. S. 47

⁶⁷⁰ Ebd. S. 47, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

multimodalen Wissenschaft. Beide verknüpften in ihren Arbeiten die Mathematik, Physiologie, Biologie und Psychologie.⁶⁷¹

Alexei Ukhtomsky setzte sich in seinen Werken auch mit der Verhaltenspsychologie auseinander. In seinem Konzept der Dominante⁶⁷² fiel in diesem Zusammenhang auch bei ihm bereits der Begriff der Aktivität.⁶⁷³ Um zu unterscheiden und zu erkennen, was ein Impuls und Startsignal der Dominante und des damit folgenden Verhaltens für das Individuum darstellte, wurde die Umwelt aktiv durchsucht und entsprechend gefiltert.⁶⁷⁴ Die aktive Wahrnehmung und Deutung der Umwelteinflüsse zeigen sich auch in Nikolai Bernsteins Theorien.⁶⁷⁵

Ukhtomsky befasste sich ebenfalls mit der Lokalisation verschiedener, an der Koordination beteiligter Zentren. Der Aktivität fiel dabei erneut eine wichtige Rolle zu.⁶⁷⁶ Die Zentren des höheren Nervensystems, die eine Handlung steuerten und ausführten, sah Ukhtomsky nicht in einem einzelnen Zellaggregat, sondern in mehreren zusammenwirkenden Zentren mit unterschiedlicher Lokalisation.⁶⁷⁷ Die Verbindung dieser an der Koordination beteiligten Zentren erfolge nicht räumlich, sondern über einen aktiven, steuernden Prozess des zentralen Nervensystems.⁶⁷⁸

Ukhtomsky beschrieb den Bestandteil des Nervensystems, welcher diese Zusammenhänge regulierte, als die Dominante. Neben einer Regulation erfolgte durch die Dominante aber auch eine Vorbereitung der Strukturen, die an der Bewegung oder Handlung

⁶⁷¹ ZUEVA, E., ZUEV K. 2015. The Concept of Dominance by A.A. Ukhtomsky and Anticipation. In: NADIN, M. (ed.) *Anticipation: Learning from the Past*. Springer International Publishing. S. 23, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁷² Anmerkung: Der Begriff der *Dominante* als Funktionsprinzip von Nervenzellen wurde von Ukhtomsky 1923 eingeführt. Demnach ist ein sog. *Dominanter Herd* ein Zusammenschluss von Zentren des Nervensystems im Augenblick einer hohen Erregbarkeit, hoher Beständigkeit und einer niedrigen Labilität. Dieser Herd besitzt die Möglichkeit, die Erregung von Zentren des Nervensystems auf sich zu bündeln und wiederum durch eine negative Induktion anderer Zentren diese zu hemmen. Aus: SPEKTRUM. 2000a. *Dominante* [Online]. Leipzig: Spektrum Akademischer Verlag. Available: <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/dominante/2944> [Accessed 23.05. 2019].

⁶⁷³ ZUEVA, E., ZUEV K. 2015. The Concept of Dominance by A.A. Ukhtomsky and Anticipation. In: NADIN, M. (ed.) *Anticipation: Learning from the Past*. Springer International Publishing. S. 20

⁶⁷⁴ Ebd. S. 20, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁷⁵ Vergleichend den vorausgegangenen Absatz *Der Begriff der Aktion in der Bewegungsphysiologie*

⁶⁷⁶ ZUEVA, E., ZUEV K. 2015. The Concept of Dominance by A.A. Ukhtomsky and Anticipation. In: NADIN, M. (ed.) *Anticipation: Learning from the Past*. Springer International Publishing. S. 17

⁶⁷⁷ Ebd.

⁶⁷⁸ Ebd.

beteiligt waren.⁶⁷⁹ In vielen dieser Theorien ergab sich für Bernstein eine Inspiration für seine Forschung, was sich häufig widerspiegelt.⁶⁸⁰

Das Konzept der Dominante war womöglich auch ein thematischer Inhalt am Institut für experimentelle Psychologie, an welchem Bernstein unter Kornilov forschte. Über die Dominante sollte im Rahmen der Verhaltensforschung die Aufmerksamkeit und Konzentration erklärt werden können.⁶⁸¹ Neben Bernstein arbeitete auch sein Kollege und Freund L. Vygotsky an Theorien, die auf Ukhtomskys Lehre der Dominante basierten. Vygotsky gab dem menschlichen Bewusstsein die Rolle der aktivierenden Dominante.⁶⁸² Die materialistischen Lehren von Ukhtomsky, Sechenov und auch Pavlov waren für Bernstein und seine Zeitgenossen wichtige Grundlagen für das Verständnis physiologischer Grundlagen der Psychologie.⁶⁸³ Bernstein trug dazu bei, dass sich auf Boden dieser Lehren eine neue, aktive und lebendige Bewegungsphysiologie weiterentwickelte.

3.11.5 Bernsteins Weg zu dem Modell des Künftigen

Die Aktivität des Individuums nahm in Bernsteins Arbeiten zunehmend eine wichtige Rolle ein. In den Jahren zuvor beschrieb Bernstein die Biomechanik des Bewegungsapparats und später die Mechanismen hinter dessen Steuerung und Koordination.⁶⁸⁴ Nun verfolgte Bernstein auch den Ursprung der Bewegung. Er nahm an, dass es ein Ziel geben musste, auf welches das Individuum hinstrebte und welches die Grundlage der Bewegung und Handlung bildete.⁶⁸⁵

Die Frage, mit welcher Bernstein sich in diesem Zusammenhang befasste, war, wie das Ziel, also etwas was der Bewegung oder Handlung zeitlich eigentlich nachfolgte, gleichzeitig die Ursache sein konnte.⁶⁸⁶ Dieses Problem ließ sich durch die Regeln und Theorien dieser Zeit nicht lösen. Mit dem neuen Forschungszweig der Kybernetik, in welcher Codierungen wichtig für die Steuerung eines Systems wurden, ergab sich für Bernstein die

⁶⁷⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 45

⁶⁸⁰ Ebd.

⁶⁸¹ KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag. S. 11

⁶⁸² Ebd. S. 11

⁶⁸³ LEONTJEW, A. N., LURIA, A. Ebd. Geleitwort. Bern, Stuttgart, Wien. S. 7

⁶⁸⁴ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁸⁵ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 220

⁶⁸⁶ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 21

Möglichkeit, diese Frage aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten.⁶⁸⁷ Schon während Bernstein die Funktion der Koordination beschrieb, nahm er an, dass ein Modell der Bewegung (die Gestalt oder das motorische Feld) in irgendeiner Form im zentralen Nervensystem verschlüsselt vorlag.⁶⁸⁸ Auch das Handlungsziel musste in codierter Form bereits vor der eigentlichen Bewegung im Nervensystem abgebildet sein.⁶⁸⁹ Es entstand Bernsteins Theorie über das *Modell des Künftigen*.⁶⁹⁰

Ein revolutionärer Gedanke, der aus Bernsteins Theorie der Handlungsursache durch das darüberstehende Ziel entstand, war die aktive Rolle des Individuums. Der Organismus ist nicht nur passiver Akzeptor von Umweltreizen, sondern wirkt aktiv auf die Umgebung ein.⁶⁹¹ Um sein Ziel zu erreichen, verändert das Individuum die Umwelt aktiv.⁶⁹² Es bleibt ungehindert verschiedener Einflüsse auf seinem Weg, geleitet durch das Ziel.⁶⁹³

3.11.6 Eine mathematische Darstellung des Modells

Bernstein betrachtete wissenschaftliche Fragestellungen häufig aus Sicht verschiedener Fachdisziplinen.⁶⁹⁴ In seiner letzten Arbeitsphase, in welcher er seltener praktisch experimentell arbeitete, lud Bernstein oft verschiedene Kollegen zu einer interdisziplinären Diskussion ein.⁶⁹⁵ Die Einflüsse verschiedener Fachbereiche zeigten sich zum Beispiel in Bernsteins Forschung zur Biologie der Kybernetik⁶⁹⁶ oder auch in der *Biologie der Aktivität*.⁶⁹⁷ Von Anfang an aber war besonders die Mathematik ein wichtiger Bestandteil von

⁶⁸⁷ Ebd.

⁶⁸⁸ Zum Beispiel im sog. Zentralen Engramm, siehe hierzu: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 91

⁶⁸⁹ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 22

⁶⁹⁰ Anmerkung: dieser Begriff wurde von Bernsteins Schüler Feigenberg formuliert und später von Bernstein übernommen. Siehe hierzu: BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag., S. 216 ff.+ S.174 ff.; ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁶⁹¹ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 28

⁶⁹² BERNSTEIN, N. 1975a. Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. 9 ed. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 225

⁶⁹³ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 28

⁶⁹⁴ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 5 -9

⁶⁹⁵ NAIJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6.

⁶⁹⁶ Ebd.

⁶⁹⁷ BERNSTEIN, N. 1975a. Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. 9 ed. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag.

Bernsteins Arbeiten. Neben seinem eigenen Fachwissen, das er schon als Student sammelte, arbeitete Bernstein oft mit Mathematikerinnen und Mathematikern wie T. Popova zusammen. So ergab sich für Bernstein die Möglichkeit, seine verschiedenen, komplexen Theorien auch naturwissenschaftlich nachvollziehbar darstellen zu können.⁶⁹⁸

Zur Zeit seiner Arbeit am Institut für Biologische Physik⁶⁹⁹ lernte Bernstein die zwei renommierten Mathematiker Israel M. Gelfand⁷⁰⁰ und M.L. Tsetlin⁷⁰¹ kennen.⁷⁰² Bernstein entwickelte gemeinsam mit ihnen ein stochastisches Modell zur Darstellung des noch unbekanntes, gespeicherten Bewegungs- und Handlungszieles im zentralen Nervensystem.⁷⁰³ Bernstein beschrieb bereits in seinen Arbeiten zum Thema der Koordination sensorische Regelkreise, über die das ZNS eine Rückmeldung über die Umwelt und den peripheren Bewegungsapparat erhielt.⁷⁰⁴ Diese Informationen waren der aktuelle Istzustand.

⁶⁹⁸ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 222 und ab S. 170

⁶⁹⁹ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 219

⁷⁰⁰ Israel M. Gelfand (1913-2009) war sowjetischer Mathematiker. Bis heute war sein Name prägend für einige Sätze der Mathematik, so u.a. Satz von Gelfand-Neumark (Algebren). Ebenso beschäftigte er sich mit Anwendungen der Mathematik in der Biologie. Er erhielt den Lenin-, und zweifach den Stalinorden für seine Beiträge. Später wurde er neben anderen Auszeichnungen Träger des Wolf-Preises für Mathematik, des Kyoto-Preises und des Leroy P. Steele Prize der American Society of Mathematics.

Aus: Seite „Israel Moissejewitsch Gelfand“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.

Bearbeitungsstand: 19. Februar 2018, 19:19 UTC. URL: WIKIPEDIA. 2018c. *Israel Moissejewitsch Gelfand* [Online]. Available:

https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Israel_Moissejewitsch_Gelfand&oldid=174196323 [Accessed 20.05. 2019].

Zudem schienen Nikolai Bernstein und M. Gelfand gegenseitig durch eine gemeinsame dozentische Tätigkeit an dem Institut für Biologische Physik und später für Informationsübertragung Moskaus bekannt zu sein. Siehe: MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 219

⁷⁰¹ Michael L. Tsetlin (1924-1966) war russischer Mathematiker und Physiker, welcher sich dem Bereich der Kybernetik widmete.

Aus: Seite „Michael Lvovitch Tsetlin“. In: Wikipedia, EN. Bearbeitungsstand: 18. Oktober 2017, 19:19 UTC. URL:

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Michael_Lvovitch_Tsetlin&oldid=805902662

⁷⁰² Mehr hierzu siehe: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. Ab S. 170

⁷⁰³ Ebd.+ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁰⁴ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 41, sowie: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 69

Bernstein, Gelfand und Tsetlin nahmen nun an, dass es entsprechend zu dem Istzustand des Organismus auch einen Sollzustand geben müsste.⁷⁰⁵ Dieser Sollzustand war das Ziel der Handlung.

Die nächste Frage war, in welcher Form das Handlungsziel im ZNS vorliegen könnte. Bernstein und seine Kollegen gingen in diesem Fall nicht von einem detaillierten, zentral gespeicherten Bewegungsplan aus, sondern von einer Spiegelung des Handlungsziels in unbekannter Form. Als ein Beispiel für eine solche Widerspiegelung nahm Bernstein häufig die Sprache, welche die wahrgenommene Umwelt in einer anderen Form darstellte als sie tatsächlich war.⁷⁰⁶ Ein weiteres Beispiel war auch die DNA, die einen Code für die Entwicklung einer Zelle beinhaltete, aus der etwas ganz anderes wurde als die ursprünglichen Moleküle.⁷⁰⁷ Bernstein nahm an, dass genauso auch ein Code für die Bewegung vorliegen müsste, welcher kein detailliertes Bewegungskommando war, sondern vielmehr eine Vorlage der Handlung.⁷⁰⁸ Gemeinsam mit Gelfand und Testlin entwickelte er ein Modell aus dem Bereich der Stochastik.⁷⁰⁹ Dies war das *probabilistische Modell des Künftigen*.⁷¹⁰

Das Modell entstand auf Boden einer stochastischen Analyse des wahrscheinlich erfolgreichsten Ergebnisses, durch das das Handlungsziel erreicht werden konnte. Es basierte auf der Erfahrung aus vorausgegangenen Situationen, aber auch auf einer Analyse der aktuellen Informationen, die das ZNS durch die sensorische Rückmeldung erhielt.⁷¹¹ Die Bewegung konnte immer an die Begebenheiten angepasst werden, was bedeutete, dass sie zu gewissen Anteilen auch von ihrer Vorlage abweichen konnte.⁷¹²

Inwiefern Abweichungen der Bewegung vom ursprünglichen Modell möglich waren, ohne den Erfolg zu verändern, stellte Bernstein durch einen mathematischen Vergleich dar.⁷¹³

⁷⁰⁵ BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth S. 205, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁰⁶ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S.32

⁷⁰⁷ Ebd.

⁷⁰⁸ Ebd. S. 35

⁷⁰⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 176

⁷¹⁰ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag., S. 216 ff.; ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷¹¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. 176-177

⁷¹² BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth S. 210 ff.

⁷¹³ Ebd. S. 211, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

Während der Bewegung gab es verschiedene Variablen, die für den Ablauf relevant waren. Dabei gab es wesentliche Variablen, die einen korrekten Ausgang der Bewegung bestimmten. Diese waren nicht so veränderlich, wie die unwesentlichen Variablen, die das ZNS entsprechend wechselnder Einflussfaktoren anpassen konnte.⁷¹⁴

Neben einem mathematischen Modell suchte Bernstein auch nach physiologischen Korrelaten für die Antizipation des ZNS. Hier fand er womöglich Inspiration in den Arbeiten von Sechenov. In Tierversuchen zur Funktion der spinalen Zellen bei Koordinationsvorgängen beobachtete Sechenov dort eine spontane spinale elektrische Aktivität.⁷¹⁵ Bernstein deutete diese Impulse als Zeichen dafür, dass das ZNS die in den Bewegungsakt involvierten Muskeln schon vor der eigentlichen Ausführung des Aktes aktivierte.⁷¹⁶ Es gab somit bereits eine Aktivität kurz vor der eigentlichen Bewegung, die auf einem bereits vorliegenden Modell der Handlung basierte. Es war der Muskeltonus, der durch das ZNS angepasst und sowohl gehemmt als auch erregt wurde.⁷¹⁷

Das ZNS gab nach Bernsteins Theorie, wie bereits erwähnt, keinen detaillierten Bewegungsplan an das Bewegungssystem weiter, sondern aktivierte sogenannte Tätigkeitsmatrizen.⁷¹⁸ Bernstein gab diesen auch eine Lokalisation: er beschrieb sie in der Interneuronenschicht des Rückenmarks.⁷¹⁹ Waren diese Tätigkeitsmatrizen einmal aktiviert, konnten sie autonom weitere Elemente der Bewegung auslösen, aber auch eine Rückmeldung an das ZNS geben, falls es zu Abweichungen vom Bewegungsplan kam.⁷²⁰

Bernstein vervollständigte sein dynamisches Bild der menschlichen Bewegung. Diese ist nach seiner Lehre ein funktionelles System aus verschiedenen, hierarchisch gegliederten Organisationsebenen, die gemeinsam entsprechend eines vorausschauenden Zieles agieren. Die Ursache der Bewegung zeigt sich im Handlungsziel, welches als das *probabilistische Modell des Künftigen* durch das ZNS generiert wird.

⁷¹⁴ Ebd.

⁷¹⁵ STUART, D. G., SCHAEFER, A. T., MASSION, J., GRAHAM, B. A. & CALLISTER, R. J. 2014. Pioneers in CNS inhibition: 1. Ivan M. Sechenov, the first to clearly demonstrate inhibition arising in the brain. *Brain Research*, 1548, 20-48. S. 35

⁷¹⁶ BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth S. 211, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷¹⁷ Ebd. s. 192

⁷¹⁸ BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber. S. 35

⁷¹⁹ Ebd.

⁷²⁰ Ebd.

3.11.7 Bernsteins Theorien in den neuen Fachdisziplinen

Die letzte Arbeitsphase Bernsteins war neben der Suche nach dem Ursprung der Bewegung und der Handlung auch von der Rolle der Aktivität des Nervensystems hinsichtlich des Bewegungsaufbaus geprägt. Nichtsdestotrotz war aber auch die Biomechanik des Bewegungsapparats, welche einen großen Teil der frühen Wissenschaft Bernsteins einnahm, weiterhin Teil seiner Arbeit. Ende der 1950er Jahre hielt die Biomechanik nämlich als Teil der Sportpädagogik Einzug in die Curricula der Schulen und Bernstein war am Aufbau der Kursinhalte beteiligt.⁷²¹

Seine Arbeiten wurden auch in anderen, teilweise ganz neu aufgetretenen Fachbereichen angewendet. Denn die technischen und industriellen Fortschritte der Nachkriegsjahre führten dazu, dass neue wissenschaftliche Disziplinen auftraten. Ein Beispiel hierzu ist die Raumfahrt. Durch den Wettstreit der Nationen im Vorsprung in der Erforschung des Weltraums wuchs diese Wissenschaft schnell zu einer eigenen, neuen Fachdisziplin heran.⁷²² Neben der notwendigen Technik wurde auch die Ausbildung der Astronauten gründlich erforscht. In dem Zusammenhang wurde Bernstein im Jahr 1959 durch eine Forschungsgruppe von Biologen um Rat gebeten.⁷²³

Diese untersuchten die Adaptation der Motorik von Astronauten unter dem Einfluss der Schwerelosigkeit.⁷²⁴ Bernstein wurde in diese Studie einbezogen, weil eine geeignete Methodik und ein Versuchsaufbau fehlten, um die Motorik und Koordination unter Wegfall der Gravitationskraft zu untersuchen.⁷²⁵ Besonders die Schwerelosigkeit auf Dauer zu simulieren, war eines der Probleme der Wissenschaftler.⁷²⁶ Bernstein fand für das Problem eine Lösung. Er riet den Forschern, die Experimente unter einem erhöhten Gravitationsfeld durchzuführen, wofür es Methoden gab. Die Ergebnisse darüber, wie sich die Koordination und Motorik unter einer erhöhten Gravitationskraft verhielten, könnten im Anschluss auf das Verhalten unter Schwerelosigkeit übertragen werden.⁷²⁷

⁷²¹ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport). Und: BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 15

⁷²² MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's Failure to Join the Space Race: His Commentary on Tsiolkovskii's "Mechanics in Biology" (1964). *Motor Control*, 4, 262-272. S. 262

⁷²³ Mehr hierzu: ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁷²⁴ Mehr hierzu: ebd.

⁷²⁵ Ebd.

⁷²⁶ Ebd.

⁷²⁷ Ebd.

Im Zuge dieser Experimente wurden auch kymozyklographische Aufnahmen der Bewegungen von Astronauten durchgeführt.⁷²⁸ Bernstein verfasste selbst zwar keine Arbeiten zu diesen Experimenten, jedoch nutzten die Wissenschaftler seine Theorien und Rat. So basiert ein großer Teil der Experimente aus L.V. Chkhaidzes 1965 erschienenem Werk über die Koordination im Weltall auf Ergebnissen aus Bernsteins Forschungen.⁷²⁹

⁷²⁸ LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10.

⁷²⁹ Im Englischen: CHKHAIDZE, L. V. 1969. *Coordination of the voluntary movements of man in a zero gravitational field (under weightlessness)*, United States, National Aeronautics and Space Administration.

3.11.8 Entwicklung von Bernsteins Wissenschaft in der Nachkriegszeit

Bernsteins Rat wurde von vielen Wissenschaftlern gesucht. Anstelle eigener Experimente rückte der Schwerpunkt von Bernsteins Forschung während und nach dem zweiten Weltkrieg aber besonders auf die theoretische Arbeit. Obwohl Bernstein nach seinem Exil zum Teil wieder in die wissenschaftlichen Institute eingegliedert war, arbeitete er weniger an praktischen, experimentellen Aufgaben als vorher. Zudem stellten die kritischen Äußerungen gegen Bernstein, welche 1950 in einem Arbeitsverbot mündeten, Hürden in seinem Forschungsweg dar.⁷³⁰

Das bedeutet aber nicht, dass Bernsteins Wissenschaft stagnierte. Er baute das dynamische und systemische Bild der Bewegungskoordination, welches sich bereits in den 1920er-1930er Jahren in seinen Werken zeigte,⁷³¹ weiter aus. Ein wichtiger Bestandteil, um welchen Bernstein die Theorie über die Funktion der Koordination ergänzte, war der Aspekt der Aktivität. Zwei wichtige Werke fassen Bernsteins wesentliche Theorien über den Aufbau und die Funktion der Bewegung zusammen.⁷³² Von der Biomechanik hin zu den Hintergründen der Koordination des komplexen Bewegungsapparats widmete Bernstein sich in der späteren Arbeitsphase in der Nachkriegszeit den zentralen Ursprüngen der Bewegung und Handlung.⁷³³

Schon in den frühen Arbeitsphasen wurde deutlich, dass die Funktion des komplexen Bewegungssystems nicht nur auf einem externen Stimulus basieren konnte. Vielmehr sah Bernstein den Ursprung des Bewegungsakts im Inneren des Individuums. Es war ein gesetztes Ziel, zu welchem der Organismus in Aktion mit seiner Umwelt strebte.⁷³⁴ Auch wenn sich der

⁷³⁰ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 250; sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷³¹ Zum Beispiel: BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

⁷³² Das sind: BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).; sowie: BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates.

⁷³³ Auch: VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 4, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷³⁴ FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates. S. 270, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

Stellenwert der Aktivität in der Bewegung bereits in Bernsteins frühen Arbeiten andeutete,⁷³⁵ baute er diese Theorie insbesondere in den späteren Jahren seiner Wissenschaft aus.

Der Ursprung der Bewegung lag für Bernstein darin, dass das Individuum aktiv die Handlung oder Bewegung auf Boden des innerlich gesetzten Ziels bildete.⁷³⁶ Somit wurde aus der Bewegung eine Aktion anstelle einer Reaktion. In Bernsteins Arbeiten verschwammen auch immer mehr die interdisziplinären Grenzen und es bildete sich eine Bewegungstheorie, in der die Physiologie, Biologie und besonders auch die Psychologie zusammenwirkten.⁷³⁷

Bernstein war aber auch immer darauf bedacht, seine Theorien naturwissenschaftlich nachvollziehbar zu machen. Er beschrieb vieles mathematisch. So suchte er auch nach einem Weg, die Form darzustellen, in der das Handlungsziel, aus dem die Bewegung entsprang, im ZNS abgebildet sein könnte.⁷³⁸ Gemeinsam mit den Mathematikern M. Gelfand und M. Tsetlin konstruierte Bernstein in diesem Rahmen die Theorie über das *Modell des Künftigen*.⁷³⁹ Sobald das Individuum aktiv ein Handlungsziel bildete, wurde durch das ZNS auf Boden einer stochastischen Analyse ein *probabilistisches Modell des Künftigen* generiert.⁷⁴⁰

Die Idee eines bereits vorbestehenden Abbilds der Bewegung im ZNS beschreibt Bernstein bereits Mitte der 1930er Jahre.⁷⁴¹ Durch die Möglichkeit einer Zusammenarbeit mit den beiden renommierten Mathematikern bot sich nun Bernstein, diesen letzten Baustein zu erarbeiten. Durch die probabilistische Prognose der Handlung und eines Modells mit dem wahrscheinlichsten und bestmöglichen Ergebnis, konnte die weitere Organisation der Bewegung gesteuert werden.⁷⁴²

⁷³⁵ So beschreibt Bernstein zum Beispiel in den Klavierstudien eine stete aktive Armbewegung des Pianisten anstelle eines passiven Handspiels. Siehe: BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432. S. 401 ff.

⁷³⁶ BERNSTEIN, N. 1975a. Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. 9 ed. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 225

⁷³⁷ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 160, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷³⁸ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 220

⁷³⁹ Ebd. S. 216 ff., sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁴⁰ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 176

⁷⁴¹ Ebd. S. 175

⁷⁴² Ebd. S. 176

Die Bewegung entwickelte sich in Bernsteins Arbeiten immer mehr zu einem aktiven, psychophysiologischen Akt des zentralen Nervensystems.⁷⁴³ Auch die Koordination der Bewegung drang immer mehr in den Bereich der Psychologie ein.⁷⁴⁴ Besonders deutlich zeigte sich dieser Aspekt im Rahmen dessen, wie das sog. *Modell des Künftigen* entstand. Die Umwelt wurde aktiv durch das Individuum analysiert und daraufhin die Bewegung und auch das zentrale Modell des Ziels der Handlung angepasst. In der Bewegung zeigte sich also ein Abbild der dahinterstehenden, komplexen Aktivität des ZNS. Daraus wurde die Physiologie der Aktivität zu einer komplexen, intellektuellen, psychologischen Handlung.⁷⁴⁵

Bernsteins Arbeiten über die Selbststeuerung des Bewegungssystems wurden in den 1960er Jahren in der Rehabilitation, Sportmedizin und dem neu aufgetretenen Fachbereich der Kybernetik genutzt. Auch wenn Bernsteins Theorien naturwissenschaftlich nachvollziehbar waren, entstanden doch weiterhin Konflikte mit dem noch vorhandenen und aktiven Pavlovianismus.⁷⁴⁶ Trotz einer beruflichen Rehabilitation nach dem Tod Stalins arbeitete Bernstein nicht mehr in der gleichen Form wie vor der Zeit des Exils und Arbeitsverbotes, als er an vielen zahlreichen Laboratorien parallel Experimente durchführte.

⁷⁴³ VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 8

⁷⁴⁴ Hierzu auch: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 176-177

⁷⁴⁵ Ebd. und VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 8; ebenso in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁴⁶ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 220 ff.

3.12 Das Ende Bernsteins Lebenswerks

3.12.1 Vorbereitung einer Nachfolge

Neben den immer noch bestehenden Folgen der Kritik an Bernsteins Wissenschaft und seines Arbeitsverbots 1950 könnte einer der Gründe für den Rückzug Bernsteins aus seinen praktischen Arbeiten auch sein, dass er sich bewusst davon zurückhielt. Sein gesundheitlicher Zustand schien sich rapide zu verschlechtern.⁷⁴⁷ Bernstein selbst wusste bereits durch eine Eigendiagnose Mitte der 1960er Jahre, dass er, am ehesten durch ein Nierenkarzinom, terminal erkrankt war.⁷⁴⁸ Aber gerade dieses Wissen und die Tatsache, dass ihm wenig Zeit für die Vollendung seiner Werke blieb, bewegte Nikolai Bernstein in seinen letzten Lebensjahren nochmals zu intensiver Auseinandersetzung mit seinen früheren Arbeiten. So ordnete er seine Forschungsergebnisse geregelt an und versuchte, die Aktivitätstheorie soweit es ihm möglich war fortzusetzen.⁷⁴⁹ Ebenso scheute er, trotz gesundheitlich eingeschränkter Verfassung, keine öffentlichen Auftritte.

3.12.2 Bernsteins letzten Auftritte

Im Jahre 1962 stellte er so zum Beispiel seine Theorie zur Physiologie der Initiative auf der Konferenz philosophischer Fragen hoher Funktionen des Zentralen Nervensystems und Psychologie in Moskau vor.⁷⁵⁰ Die Präsentation schien nicht nur bezüglich Bernsteins Tätigkeit in seinen letzten Lebensjahren von Bedeutung zu sein, sondern auch hinsichtlich seiner Positionen gegenüber den Ideologien in den Naturwissenschaften.⁷⁵¹ Diese bestanden auch nach Stalins Tod weiterhin in der Gesellschaft. Zwar waren Prinzipien der zyklischen

⁷⁴⁷ ЧИХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport). ; FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 180 ff.

⁷⁴⁸ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 219
Anmerkung: In der Literatur und Berichten von Zeitzeugen finden sich hierbei unterschiedliche Aussagen. Zum einen könnte es sich um ein Karzinom der Leber, zum anderen um ein Nierenkarzinom gehandelt zu haben.

Siehe: ЧИХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С.В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport). Und: FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 181

⁷⁴⁹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 159

⁷⁵⁰ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 217-218

⁷⁵¹ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 65

Reaktionen und des Reflexringes mittlerweile anerkannt,⁷⁵² der Pavlovianismus war jedoch weiterhin vertreten.⁷⁵³

Was Bernsteins Präsentation auf der genannten Konferenz nun besonders machte, war, dass er in seinem Vortrag erstmals öffentlich gegen einige pavlovianische Theorien argumentierte.⁷⁵⁴ In den Jahren zuvor hielt Bernstein sich in der Öffentlichkeit diesbezüglich zurück. Er stellte das aktive, zentrale Nervensystem und den freien Willen bei der Ausführung der Bewegung und Handlung den Reflextheorien gegenüber.⁷⁵⁵ Bernsteins Anliegen war es jedoch nicht, die Reflextheorie Pavlovs grundlegend zu widerlegen. Vielmehr zeigte er deren Grenzen auf, besonders im Bezug auf das menschliche Verhalten betrachtet.⁷⁵⁶ Bernstein sah sogar einen Schaden, den Pavlovs Nachfolge an dessen Arbeiten generierte, indem sie Pavlovs Theorien dogmatisierten.⁷⁵⁷

Zum letzten Mal trat Bernstein im Jahr 1965 auf einem Seminar zu Kybernetik und Sport in der Öffentlichkeit auf.⁷⁵⁸ Eines der Themen, denen er sich dort widmete, war die Forschung an therapeutischen Strategien, durch welche die Koordination nach einem sportlichen Trauma wiedererlangt werden konnte.⁷⁵⁹ So war Bernstein auch in seinen letzten Lebensjahren noch im Bereich der Rehabilitation aktiv.⁷⁶⁰

3.12.3 Ein Abschied

Im Jahre 1965 lud Nikolai Bernstein seine engsten Studenten zu einem persönlichen Treffen in seiner Wohnung ein, um mit ihnen über die Zukunft seiner Forschung zu sprechen und seinen Nachfolgern Aufgaben für ihren jeweiligen Forschungsweg mitzugeben.⁷⁶¹ Im Rückblick und auch in Zusammenschau mit dem schicksalhaften Wissen um seine Gesundheit, kann dies als eine vorausplanende Sicherung des Fortbestehens seines

⁷⁵² BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. Lit Verlag. S. 218

⁷⁵³ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 208

⁷⁵⁴ BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 65

⁷⁵⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 156

⁷⁵⁶ LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlovs: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S. 107

⁷⁵⁷ Ebd. S. 117

⁷⁵⁸ ШКХАИДЗЕ, Л. В., ЧУМАКОВ, С. В. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

⁷⁵⁹ Ebd.

⁷⁶⁰ DAVYDOV, V. 1996. Interrelation of L.S.Vygotsky and N.A. Bernshtein Scientific Schools Ideas. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 10-15. S. 13

⁷⁶¹ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 181

Lebenswerkes gesehen werden. Am 16. Januar 1966 verstarb Nikolai Bernstein im Alter von 70 Jahren in seinem Moskauer Apartment.⁷⁶² Trotz zahlreicher Publikationen und wissenschaftlicher Errungenschaften, wie der Theorie der Aktivität und des Modells des Künftigen, wurde Bernsteins Lebenswerk nie vollständig anerkannt und akzeptiert.⁷⁶³

Der Zwiespalt zwischen Anerkennung und Kritik an Bernsteins wissenschaftlicher Leistung spiegelte sich auch nach seinem Tod in der Trauerfeier des Wissenschaftlers wider.

Trotz seiner Leistungen war keines der Institute bereit, die Organisation und Durchführung einer Trauerfeier zu übernehmen.⁷⁶⁴ Schlussendlich ergab sich nur durch einen Zufall (und die Abwesenheit des Institutsleiters) die Möglichkeit, am Institut für Neurologie Moskaus eine Trauerfeier im kleinen Kreis zu gestalten.⁷⁶⁵ In diesem Rahmen erwiesen einige der engsten Freunde, Kollegen und Familienmitglieder Nikolai Bernstein die letzte Ehre.⁷⁶⁶

Sein stetig unterstützender Forschungskollege und angesehener Mathematiker Gelfand fand in einem Gedichte Boris Pasternaks die überaus passende Worte, um den Abschied von Nikolai Bernsteins zuletzt nicht ohne Widerstand verlaufenden, jedoch sehr bedeutungsvollen Lebensweges zu begleiten.

*To give you all – this is creation
And not to deafen and eclipse
How shameful when you have no meaning
To be on everybody's lips*⁷⁶⁷

⁷⁶² Ebd.

⁷⁶³ LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag. S. 64

⁷⁶⁴ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 219

⁷⁶⁵ Ebd.

⁷⁶⁶ Ebd.

⁷⁶⁷ Ebd. S. 219, sowie: BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71. S. 69, Ursprünglich: PASTERNAK, B. 1956. It is not seemly to be famous. In: SLATER, L. P. (ed.).

4 Schlussteil

4.1 Zusammenfassung

4.1.1 Bernsteins wissenschaftliches Erbe

Die vorliegende Ergobiographie ermöglicht einen Einblick in die Entwicklung von Nikolai Bernsteins vielseitigem Forschungs- und Lebensweg. Von der Biomechanik des Bewegungsapparats entwickelte sich seine Wissenschaft hin zu einer Analyse der ganzheitlichen, lebendigen Bewegung. Statt eines passiven rückte die Beobachtung des aktiven Bewegungssystems in seiner Umwelt in den Vordergrund.⁷⁶⁸ Neben einem methodologischen Beitrag durch Optimierung der Zyklographie und der Zyklogrammetrie leistete Bernstein allen Voran einen Beitrag zur Entwicklung einer modernen, systemischen Bewegungswissenschaft.⁷⁶⁹

Die Reflextheorie reichte zur Erklärung der Vielfalt der menschlichen Bewegung nicht aus und so begab sich Bernstein auf die Suche nach den Hintergründen der Mobilität. Die Frage nach den Ursprüngen der Bewegung brachte Bernstein von der Beschreibung der Biomechanik zu einer Analyse der Koordination, bis hin zu der Entwicklung einer Theorie des antizipatorischen, aktiven zentralen Nervensystems.

Er beobachtete verschiedene physiologische und pathophysiologische Bewegungen und baute im Laufe der Zeit die Theorie einer dynamischen Hierarchie⁷⁷⁰ als Grundlage der Koordination auf. Anstelle einer linearen Verbindung zwischen Zentrum und Peripherie rückte eine reziproke Verbindung, basierend auf einer sensorischen Rückmeldung,⁷⁷¹ in den Mittelpunkt. Die verschiedenen Aufgaben der Bewegungssteuerung waren in unterschiedliche, hierarchisch gegliederte Strukturen des peripheren und zentralen Nervensystems aufgeteilt. Dabei übernahm der phylogenetisch jüngste Teil des zentralen Nervensystems, der Cortex, die anspruchsvolle Aufgabe der Bewegungsplanung.⁷⁷²

Die Bewegungssteuerung wurde durch das *Modell des Künftigen*, welches Bernstein in Zusammenarbeit mit den Mathematikern M. Gelfand und M. Tsetlin in den 1960er Jahren

⁷⁶⁸ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁶⁹ Ebd.

⁷⁷⁰ MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218

⁷⁷¹ BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 41, sowie: BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag. S. 69

⁷⁷² BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates. S. 45 ff.

beschrieb, vervollständigt.⁷⁷³ Durch das ZNS wurde stochastisch aus der gesammelten Erfahrung und der aktuellen Situation ein Modell des Künftigen generiert, was der Wahrscheinlichkeit nach am erfolgreichsten zum gewünschten Ziel führte.⁷⁷⁴ Die laufende Bewegung wurde entsprechend dieses Modells durch die genannten sensorischen Rückmeldungen angepasst.⁷⁷⁵ Das Individuum generierte also aktiv ein Handlungsziel, welches dynamisch an die wechselnde Umwelt abgestimmt wurde.⁷⁷⁶ Von einer biomechanischen Analyse des Bewegungsapparats schuf Bernstein somit über die Jahrzehnte seines Forschungsweges eine Theorie, welche die Konstruktion der Bewegung als lebendigen, dynamischen, psychophysiologischen Akt darstellte.⁷⁷⁷

Durch Bernsteins Forschung wurde die Bewegungsphysiologie und -pathologie neu betrachtet. Die neue, systemische Sichtweise auf die Bewegungswissenschaft bot neue Möglichkeiten in der Rehabilitation, Sportmedizin und in weiteren Bereichen. Bernstein ließ sich trotz der schweren Umstände seiner Zeit, welche in einem Exil und später einem generellen Arbeitsverbot mündeten, nicht von seinem Forschungsweg abbringen. Trotz der Relevanz seines Beitrages zu den modernen Bewegungswissenschaften, ist sein Name heute nur unter Spezialisten geläufig.⁷⁷⁸

Die vorliegende Ergobiographie gewährt einen Einblick in das Erbe des bedeutenden Wissenschaftlers und fasst die wichtigsten Errungenschaften seines Lebenswerks zusammen. Eine graphische Übersicht der wichtigsten Landmarken seines Forschungsweges ist im anschließenden Unterkapitel (Abb. 5) zu sehen. Mit Hilfe der beiliegenden, aktualisierten Bibliographie und erstmals bestehenden, übersichtlichen Darstellung der Übersetzungen seiner Originalarbeiten, ist eine weitere Literaturrecherche für die Forschung möglich.

⁷⁷³ BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag. S. 220

⁷⁷⁴ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 176-177, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁷⁵ FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag. S. 176-177, sowie in: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁷⁶ u.A. MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 218 und LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125. S.112 ff.

⁷⁷⁷ VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11. S. 8, sowie: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

⁷⁷⁸ Ebd. und BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

4.1.2 Graphische Übersicht biographischer Daten N. Bernsteins

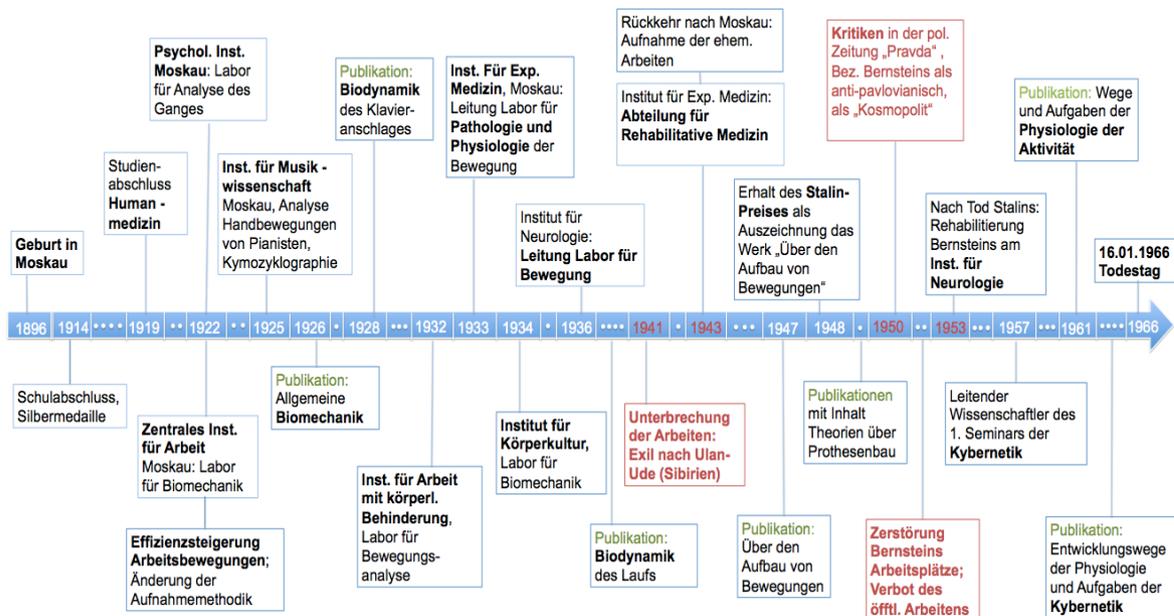


Abb. 5: Übersicht wichtiger Landmarken in Bernsteins Biographie

Diese Abbildung entstand im Rahmen einer Posterpräsentation der vorliegenden Arbeit und wurde auf dem 123. Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation (DGPMR) in Jena, 20-22.09.2018 vorgestellt. In rot dargestellt sind Unterbrechungen und negative Ereignisse in Bernsteins Forschungsweg. Zusätzlich ist die Entwicklung in Bernsteins Publikationen anhand ausgewählter Beispiele gezeigt.

4.2 Diskussion

4.2.1 Diskussion der Ergobiographie

Auf dem Boden von Bernsteins Originalarbeiten sowie wichtiger Sekundärliteratur wurde eine Zusammenfassung von Bernsteins Lebenswerk vor den historischen und politischen Hintergründen seiner Zeit erstellt. Dabei wurde die verwendete Literatur entsprechend der Regeln des literaturwissenschaftlichen Arbeitens nachvollziehbar festgehalten. Durch eine weitere Recherche der historischen Hintergründe und durch mehrfachen Vergleich der Sekundärliteratur mit den Originalarbeiten Bernsteins soll die Ergobiographie möglichst den tatsächlichen Begebenheiten entsprechen. Seinen Forschungsweg fehlerfrei und ohne Interpretationen darzustellen, wäre aber nur Nikolai Bernstein selbst möglich gewesen.

Ohne eine Autobiographie des Wissenschaftlers bleiben so auch nach wie vor einige Lücken in der Biographie von Nikolai Bernstein unaufgedeckt. Sein Forschungsweg war durch die vielen parallelen Arbeits- und Forschungsstellen stark verzweigt und komplex. Häufig zeigten sich Ansätze wichtiger Theorien, wie zum Beispiel über die Physiologie der Aktivität, bereits schon Jahre vorher in Bernsteins Arbeiten, bevor die eigentliche Theorie veröffentlicht wurde. Dies erschwerte eine klare Gliederung des Forschungswegs Bernsteins in verschiedene inhaltliche Abschnitte für die vorliegende Ergobiographie.

Um die Entwicklung seiner Bewegungswissenschaft durch eine scharfe inhaltliche Trennung nicht zu verfälschen, wurde der tatsächlich stattgefundene Einschnitt in Bernsteins Lebensweg, das Exil, als Marke zur Unterteilung genutzt. Die Gliederung von Bernsteins Arbeiten in eine Zeit vor und nach dem Exil soll jedoch lediglich zu einer besseren Übersicht beitragen. Tatsächlich entwickelte sich Bernsteins Wissenschaft kontinuierlich, durch viele wissenschaftliche Einflüsse, von einer Analyse der Biomechanik zu einer lebendigen und aktiven Bewegungswissenschaft.

Neben Bernstein befassten sich natürlich auch weltweit Wissenschaftler mit der Analyse der menschlichen Bewegung. Von einigen von ihnen lässt sich ein Einfluss in Bernsteins Arbeiten auch direkt erkennen.⁷⁷⁹ Es ist jedoch auch anzunehmen, dass viele mögliche Inspirationsquellen Bernsteins in seinen Werken versteckt und nicht direkt präsentiert sind. Schließlich verursachte der Bezug zu westlichen Wissenschaftlern mögliche Repressionen gegen den Autor, so wie sie auch Bernstein erfuhr.

⁷⁷⁹ So finden sich zum Beispiel Braune & Fischer in Bernsteins biomechanischen Analysen oder auch Einflüsse der Wissenschaftler P. Greene, S. Kelso in Bernsteins Konzept der Koordination. Siehe: MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224. S. 219-220

Bernstein war sicherlich nicht der einzige Begründer der modernen Bewegungswissenschaften. Er war jedoch einer der ersten, die die Bewegung als ein multimodales und aktives System ansahen, welches neben der Biomechanik auch die Psychologie, Philosophie, Physiologie und Biologie verband. Das hohe wissenschaftliche Niveau, auf welchem Bernstein arbeitete, macht es teilweise notwendig, ein fundiertes Wissen in Mathematik, Biomechanik und Psychologie zu haben, um einige Werke Bernsteins, die für das Fachpublikum gedacht waren, korrekt zu analysieren. Um den gewünschten übersichtlichen Charakter zu erhalten und um fehlerhafte Interpretationen der komplexen mathematischen und technischen Abhandlungen Bernsteins zu vermeiden,⁷⁸⁰ wurde von einer Vertiefung einzelner Werke in dieser Arbeit abgesehen.

Die großen Werke Bernsteins, die auch als Landmarken auf seinem Forschungsweg dienen, wurden dargestellt. Für interessierte Leserinnen und Leser soll jedoch die vorhandene Bibliographie die Möglichkeit bieten, sich mit speziellen Themen näher auseinanderzusetzen.

4.2.2 Diskussion der Bibliographie

Für die neue Bibliographie der Werke N. Bernsteins wurde die bereits vorhandene und 1996 überarbeitete Bibliographie von L. Pickenhain und H. Sandner als Ausgangspunkt genutzt.⁷⁸¹ Diese konnte von den dort vorliegenden 146 Positionen auf insgesamt 220 Positionen ergänzt werden. Die Bibliographie findet sich am Schluss der vorliegenden Arbeit.

Durch eine Recherche in den Ausgaben der russischen Nationalbibliographie⁷⁸² konnte die frühere Bibliographie Nikolai Bernsteins somit um zahlreiche Quellen erweitert werden. Zudem wurden wichtige Übersetzungen von Bernsteins Publikationen in deutscher und englischer Sprache, von denen viele erst in den späten 1990er Jahren entstanden sind, in die vorliegende Bibliographie aufgenommen und den Ursprungstexten gegenübergestellt.

Da bisher nur eine Bibliographie bestand, in welcher die Originaltexte aus der kyrillischen in lateinische Schrift transkribiert wurden, war eine Literaturrecherche damit in den russischen Bibliographien schwer oder garnicht möglich. Um nachfolgend eine Literaturrecherche für die Forschung zu Nikolai Bernsteins Lebenswerk möglich zu machen,

⁷⁸⁰ z.B: BERNSTEIN, N. 1927a. Analyse aperiodischer trigonometrischer Reihen *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 7, 185-476.

⁷⁸¹ Siehe: PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975b. Chronologisches Verzeichnis der Publikationen N.A. Bernsteins. *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth., sowie: BERNSTEIN, N. A. 1996. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT. und Bernstein, N. A., & Schnabel, G., Sandner, H. (2001). *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*. Leipzig: IAT, Abt. Information Dokumentation Sport.

⁷⁸² Näheres hierzu siehe Kapitel *Material und Methoden*

wurden in dieser Arbeit die Titel entsprechend der bibliographischen Recherche erneut in die kyrillische Form umgewandelt.

Im Laufe der Aktualisierung der vorhandenen Bibliographien von Nikolai Bernstein zeigten sich einige Hürden. Zum einen lag eine Schwierigkeit in der Gestaltung der russischen Nationalbibliographie, in welcher in einigen Jahren die Publikationen nicht alphabetisch, sondern inhaltlich sortiert wurden. Bernstein publizierte jedoch in verschiedenen Bereichen, zum Beispiel neben der Biomechanik auch in der Mathematik oder Philosophie. Dadurch war es trotz ausführlicher Analyse erschwert, Publikationen, die nicht in den Hauptbereichen von Bernsteins Forschung veröffentlicht wurden, zu finden. Dieses Problem zeigte sich insbesondere bei der Suche nach veröffentlichten Zeitschriftenartikeln in den jährlichen Bibliographien. Eine weitere Schwierigkeit ergab sich mit Publikationen Bernsteins, die Teile von Sammelbänden waren und somit nicht immer bibliographisch einzeln aufgeführt wurden.

Obwohl die frühere Bibliographie der Werke Nikolai Bernsteins von 1996 um zahlreiche weitere Positionen ergänzt werden konnte, besteht durch die genannten Punkte kein Anspruch auf eine absolute Vollständigkeit. Es ist wahrscheinlich, dass gerade im Bereich der Zeitschriftenartikel auch in der aktuellen und im Anhang vorliegenden Bibliographie noch Werke fehlen können.

Es ist jedoch eine neue, elektronisch nutzbare und annähernd vollständige Bibliographie der Werke und Übersetzungen von Nikolai Bernsteins Arbeiten entstanden.

4.2.3 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit zeigt sich insbesondere in der Bibliographie deutlich, wo ein weiterer Ausbau hinsichtlich des Lebenswerks Nikolai Bernsteins notwendig ist. Nicht viele seiner Arbeiten, sowohl Bücher als auch kürzere Artikel, sind in deutscher oder englischer Sprache zugänglich und daher der heutigen Wissenschaft außerhalb des russischen Sprachraums kaum bekannt.⁷⁸³ Bernstein prägte jedoch wichtige Theorien der heutigen Bewegungswissenschaften, wie zum Beispiel die hierarchische Gliederung des Bewegungssystems und die Aktivität und Antizipation des Nervensystems. Ohne seinen Beitrag zum Aufbau einer neuen Methodik zur Bewegungsanalyse wäre die Entwicklung dieser Wissenschaft nicht so schnell vorangeschritten.

Die vorliegende Arbeit soll einen Einstieg in das wissenschaftliche Erbe Nikolai Bernsteins bieten, sowie durch die aktualisierte Bibliographie eine Grundlage für die weitere Forschung schaffen. Bernsteins Forschung kann dabei auch für die moderne Bewegungswissenschaft und – medizin wichtige Impulse für die Sichtweise auf Funktion und Erkrankung des Bewegungssystems bieten. Insbesondere die Betrachtung der Mobilität als aktiven, lebendigen Bestandteil des Menschen darf auch in der heutigen Medizin nicht vergessen werden. Oft benötigt die moderne Forschung den Rückblick in die Vergangenheit, um aus dieser lernen zu können und das Erbe der großen Wissenschaftler von damals weiterzuentwickeln.

⁷⁸³ Siehe auch: BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.

5 Chronologische Bibliographie der Werke Nikolai Bernsteins

Bernstein, N. A. (1922). *Клинические приемы психологического исследования душевно-больных: монография (Klinische Methoden der psychologischen Forschung psychisch erkrankter Patienten: Eine Monographie)*. Moskau: Гос. изд-во (Staatl. Verlag).

Bernstein, N. A. (1922). О роли показательной функции $e(x)$ в процессах восприятия величин (Über die Rolle der Exponentialfunktion $e(x)$ in den Prozessen der Größenwahrnehmung). *Журн. психологии, неврологии и психиатрии (Journal der Psychologie, Neurologie und Psychiatrie)*, 1(1), 21-54.

Bernstein, N. A. (1922). Логарифмические свойства клавиатуры музыкальных инструментов (Die logarithmischen Eigenschaften der Klaviatur von Musikinstrumenten). *Журн. психологии, неврологии и психиатрии (Journal der Psychologie, Neurologie und Psychiatrie)*, 1(1), 153-155.

Bernstein, N. A. (1923). Исследования по биомеханике удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* (Vol. 1, pp. 9-79). Moskau: Центральный институт Труда (Zentrales Institut für Arbeit).

Bernstein, N. A. (1923). Современный микроскоп (Das moderne Mikroskop). *Искра (Funke)*, 9, 12-17.

Bernstein, N. A. (1924). Биомеханическая норма удара при одноручных операциях (Biomechanische Norm des Schlages bei einarmigen Schlagbewegungen) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* (Vol. 1, pp. 54-119). Moskau.

Bernstein, N. A. (1924). Нервная система и трудовые движения (Nervensystem und Arbeitsbewegungen). *Искра (Funke)*, 3, 22-26.

Bernstein, N. A. (1924). Нормализация движений (Normalisierung der Bewegungen). *Организация труда (Organisation der Arbeit)*, 1-5, 37-43; 38-12; 35-13.

Bernstein, N. A. (1924). Трудовые тренировки и условные рефлексы (Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда (Organisation der Arbeit)*, 4.

Bernstein, N. A. (1925). Центральная нервная система (Das zentrale Nervensystem). *Искра (Funke)*, 2, 5-12. 8, 9-14

Bernstein, N. A. (1925). Мышечное сокращение (Muskelkontraktion). *Хочу все знать (Ich will alles wissen)*, 12, 8-9.

Bernstein, N. A. (1925). Происхождение видов в технике - к столетию железной дороги (Der Ursprung der Arten in der Technologie - zum 100. Geburtstag der Eisenbahn). *Искра (Funke)*, 9, 1-13.

Bernstein, N. A. (1926). Общая биомеханика: Основы учения о движениях человека (Allgemeine Biomechanik - Grundlagen der Lehre der Bewegung des Menschen). In A. Gastev (Ed.), *Общая биомеханика (Allgemeine Biomechanik)* (Vol. 14, pp. 416). Moskau: ЦИТ - ВЦСПС (Zentrales Institut für Arbeit und All-Unions Zentralrat der Gewerkschaften)

Bernstein, N., Rudnik A.I. (1926). Опыт обследования утомляемости студентов МИИТ (Ergebnisse der Untersuchung von Ermüdbarkeit der Studenten des Moskauer Instituts für Transportingenieure). *Труды МИИТ (Arbeiten des MIIT - Moskauer Institut für Transportingenieure)*, 3, 367-382.

Bernstein, N. A. (1926). Биомеханика для инструкторов (Biomechanik für Instruktoren) *Лекция на курсах инструкторов Промышленного Экономическ. Отд. Москпрофобра (Vorlesung zu den Lehrveranstaltungen der Industrieökonomik)* (pp. 184). Moskau: Новая Москва (Novoya Moskva).

Bernstein, N. A. (1926). Труд, утомление, отдых с точки зрения учения об энергии (Arbeit, Müdigkeit und Ruhe aus Sicht der Energielehre) *Вопросы труда (Fragen der Arbeit)*. Moskau.

Bernstein, N. A., Artemov, V.A., Vygotskij, L.S., Dobrynin, I.F., Lurija, A.R. (1927). K. N. Kornilov (Ed.): *Практикум по экспериментальной психологии (Praktikum der experimentellen Psychologie)*. Moskau-Leningrad: государственное издательство (Staatl. Verlag).

Bernstein, N. A. (1927). Рецепторный момент реакции (Rezeptorischer Moment der Reaktion). In K. N. Kornilov (Ed.), *Практикум по экспериментальной психологии (Praktikum zur experimentellen Psychologie)* (pp. 44-58).

Bernstein, N. A. (1927). Analyse aperiodischer trigonometrischer Reihen *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 7, 476-485.

Bernstein, N. A. (1927). Новое в методике изучения рабочих движений (Neues aus der Methodik zur Untersuchung der Arbeitsbewegungen) In R. Kekcheev K., V. (Ed.), *Психофизиология труда (Psychophysiology der Arbeit)* (pp. 70-81). Leningrad, Moskau.

Bernstein, N. A. (1927). Исследования по биодинамике ходьбы и бега (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens und Laufens) *Тренировка научно-технического комитета (Schulung der wissenschaftlichen und technischen Ausschüsse)* (Vol. 63, pp. 51). Moskau.

Bernstein, N. A. (1927). Обработка результатов массовых психологических измерений (Verarbeitung der Ergebnisse umfangreicher psychologischer Messungen). In K. N. Kornilov (Ed.), *Практикум по экспериментальной психологии (Praktikum der experimentellen Psychologie)* (pp. 154-172). Moskau.

Bernstein, N. A. (1927). Вопросы динамики мостов (Fragen der Brückendynamik) - Исследования по биодинамике ходьбы и бега (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens und Laufens) *Сборник отдела инженерных исследований НК (Sammelband der Abt. für Ingenieurwesen des Kommissariat für Volksbewegung)* (Vol. 63, pp. 51-76). Moskau.

- Bernstein, N. A. (1927). Биомеханика (Biomechanik) *Большая советская энциклопедия (Große sowjetische Enzyklopädie)* (Vol. 6, pp. 345-348). Moskau.
- Bernstein, N. A. (1927). Кумозыклографийон, ein neuer Apparat für das Bewegungsstudium *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie* (Vol. 217, pp. 782-792).
- Bernstein, N. A. (1928). Проект переустройства рабочего места вагоновожатого московского трамвая (Projekt zur Reorganisation des Arbeitsplatzes des Moskauer Straßenbahnfahrers). In I. Spielrejn (Ed.), *Рабочие трамвая (Straßenbahnarbeiter)* (pp. 230-234). Moskau.
- Bernstein, N. A. (1928). *Die Kymozyklographische Methode der Bewegungsuntersuchungen* (Vol. 5). Berlin: Urban & Schwarzenberg.
- Bernstein, N. A. (1928). Абсолютный слух (Das absolute Gehör) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 1, pp. 64-65). Moskau.
- Bernstein, N. A. (1928). Биомеханика (Biomechanik) *Большая медицинская энциклопедия (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 3, pp. 456-463). Moskau: Медгиз (MedGiz).
- Bernstein, N. A. (1928). Клинические пути современной биомеханики (Klinische Wege der modernen Biomechanik) *Сборник трудов государственного института по усовершенствованию врачей (Sammelband der Werke des Staatl. Institutes für Ärztliche Prüfung)* (Vol. 1, pp. 249-270). Казань (Kazan): GIDUV.
- Bernstein, N. A. (1929). Проект переустройства рабочего места московского вагоновожатого - 2. редакция проекта (Projekt zur Reorganisation des Arbeitsplatzes des Moskauer Bahnfahrers - 2. Ausgabe des Projektes). *Психотехника и психофизиология труда (Psychotechnik und Psychophysiologie der Arbeit)*, 1, 21-30.
- Bernstein, N. A. (1929). Движения (Bewegung) *Большая медицинская энциклопедия (БМЭ) (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 8, pp. 451-474; 9, 479-480). Moskau: Медгиз (MedGiz).

Übersetzung (Englisch) in:

- Bernstein, N. A., Feldmann A.G., Meijer O.G. (1999). Discovering the Right Questions in Motor Control: Movements (1929). *Motor Control*, 3(2), 105-134.

Bernstein, N., Popova, T. (1930). Исследования по биодинамике фортепианного удара (Untersuchungen zur Biodynamik des Klavieranschlages) *Сборник фортепианно-методической секции института музыкальной науки (Sammelband der Abteilung für Klaviermethodik des Instituts für Musikwissenschaft)* (pp. 5-47). Moskau: Muzgiz.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A., Popova, T. (1929). Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlages. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Popova, T., Kay, B., Turvey, M., Meijer O.G., (2003). An Early Oscillator Model: Studies in the Biodynamics of the Piano Strike. *Motor Control*, 7, 1-45.

Bernstein, N. A. (1930). Зеркальная съёмка (Spiegelaufnahme). *Гигиена, безопасность и патология труда (Hygiene, Sicherheit und Pathologie der Arbeit)*, 5.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1930). Untersuchungen der Körperbewegungen und Körperstellungen im Raum mittels Spiegelaufnahmen. *Arbeitsphysiologie*, 3, 179-206. doi: 10.1007/BF02018997

Bernstein, N. A. (1930). Современная биомеханика и вопросы охраны труда (Moderne Biomechanik und Fragen des Arbeitsschutzes). *Гигиена, безопасность и патология труда (Hygiene, Sicherheit und Pathologie der Arbeit)*, 2, 3-12.

Bernstein, N. A. (1930). Новый метод зеркальной циклосъёмки и его применение к изучению рабочих движений на станках (Neue Methode der zyklographischen Spiegelaufnahme und ihre Anwendung auf das Studium der Arbeitsbewegung an Werkbänken). *Гигиена, безопасность и патология труда (Hygiene, Sicherheit und Pathologie der Arbeit)*, 5; 6, 3-9; 3-11.

Bernstein, N. A. (1930). Координация движений (Bewegungskoordination) *Большая медицинская энциклопедия (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 13, pp. 755-757).

Bernstein, N. A. (1930). Поведение человека и астрономическая точность (Das Verhalten des Menschen und die astronomische Genauigkeit). *Хочу все знать (Ich will alles wissen)*, 21, 612-614.

Bernstein, N. A. (1930). Критический обзор (Kritischer Überblick) *Труды и материалы украинского государственного института патологии и гигиены труда (Arbeiten und Materialien des ukrainischen Instituts für Pathologie und Hygiene der Arbeit)* (Vol. 10, pp. 124-128).

- Bernstein, N. A. (1930). Современный биомеханический метод и вопросы изучения утомления (Die moderne biomechanische Methode und Fragen der Untersuchung von Ermüdbarkeit) *Четвертый всесоюзный съезд физиологов в Харькове (Vierter All-Unions Kongress der Physiologen Charkow)*. Charkow: издательство „Научная мысль“ (Verlag: „Wissenschaftlicher Gedanke“). 30-31
- Bernstein, N. A. (1931). Биомеханика мышечной системы человека (Die Biomechanik des menschlichen Muskelsystems) *Большая медицинская энциклопедия (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 19, pp. 381-406).
- Bernstein, N. A. (1931). Основные механические явления в мышцах, методы их регистрации и изображения (Die grundlegenden mech. Erscheinungen im Muskel, ihre Registrierungs-, und Darstellungsoptionen) *Большая медицинская энциклопедия (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 19, pp. 440-455).
- Bernstein, N. A. (1931). Опыт оценки статической нагрузки мышцы при держании и переноске тяжестей женщинами (Erfahrungen mit der Bewertung der statischen Muskelbelastung beim Halten und Tragen von Lasten durch Frauen) *Женский труд (Arbeit der Frauen)* (Vol. 4): Институт охраны труда (Institut für Arbeitserhaltung).
- Bernstein, N. A., Dementjeff G. (1933). Ein 'Zeitokular' zu der 'Zeitlupe' (Neuer Kinoprojektor für die verlangsamte Projektion). *Arbeitsphysiologie*, 6, 376-379. doi: 10.1007/BF02010247
- Bernstein, N. A. (1933). Планиметрия (Planimetrie) *Большая медицинская энциклопедия (БМЭ) (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 25, pp. 292-295).
- Bernstein, N. A. (1933). Пространственное чувство (Raumgefühl) *Большая медицинская энциклопедия (БМЭ) (Große Medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 27, pp. 383-386).
- Bernstein, N. A. (1934). Физиология движений (Physiologie der Bewegung). In G. Konradi, Slonim A., Farfel, V., (Ed.), *Общие основы физиологии труда (Allgemeine Grundlagen der Arbeitsphysiologie)* (pp. 366-450). Moskau-Leningrad: Биомед-гиз (Biomed-Giz).
- Bernstein, N. A. (1934). Введение (Einführung) *Техника изучения движений (Technik der Bewegungsstudien)* (pp. 3-9). Moskau, Leningrad: Биомед-гиз (Biomedgiz).
- Bernstein, N. A. (1934). Основные пути и методы фотоизучения движений (Hauptwege und Methoden der Fotountersuchung von Bewegungen) *Общие основы физиологии труда (Allgemeine Grundlagen der Arbeitsphysiologie)* (pp. 10-49). Moskau, Leningrad: Биомед-гиз (Biomed-Giz).
- Bernstein, N. A. (1934). Общая техника цикло съемки (Allgemeine Technik der Zyklographie) *Техника изучения движений (Technik der Bewegungsuntersuchung)* (pp. 50-117). Moskau, Leningrad: Биомед-гиз (Biomedgiz).

Bernstein, N. A. (1934). Приложения к гл. 9: а) Преобразование номограммы "XX", позволяющее осуществить поворот координационных осей и перенос накала координат; б) Включение в номограмм "XX" шкалы для расчета; с) Исправление формы номограммы "XX" и номограммы с поворотом, с целью увеличения точности отсчетов (Anlage zu Kapitel 9: Umwandlung des Nomogramms "XX", die eine Drehung der Koordinatenachse und eine Verlagerung des Koordinatenanfangs erlaubt; b) Einbeziehung einer Berechnungsskala in das Nomogramm "XX"; c) Korrektur der Form des Nomogramms "XX" und des "Nomogramms mit Drehung", um eine Genauigkeit der Berechnungen zu erhöhen) *Техника изучения движений (Technik der Bewegungsstudien)* (pp. 471-495). Moskau.

Bernstein, N. A. (1934). Таблицы для расчета координат, скоростей и ускорений центров тяжести систем. Таблицы для определения координат центра тяжести всего тела (Tabellen für die Berechnung der Koordinaten, der Geschwindigkeit und der Beschleunigungen von Systemen. Tabellen für die Bestimmung der Koordinaten des Körperschwerpunktes) *Техника изучения движений (Technik der Bewegungsstudien)* (pp. 496-528). Moskau, Leningrad.

Bernstein, N. A., Konradi, G.P. (1934). Техника изучения движений: Общие основы физиологии труда (Technik der Bewegungsstudien: Allgemeine Prinzipien der Arbeitsphysiologie) *Общие основы физиологии труда (Allgemeine Grundlagen der Arbeitsphysiologie)*. Moskau; Leningrad: Биомед-гиз (Biomedgiz).

Bernstein, N. A., Popova, T., Mogilianskaya V. (1934). *Техника изучения движений: Практическое руководство по циклограмметрии (Technik der Bewegungsstudien: Praktischer Leitfaden der Zyklogrammetrie)* (Vol. 34). Leningrad; Moskau: Всес. центр. ин-т экон. организации и оздоровление труда (Nationales Zentrum der Organisation und Sanierung der Arbeit).

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1984). The techniques of the study of movements. In H. T. A. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein reassessed* (Vol. 17, pp. 1-27). North Holland, Oxford: Elsevier Science.
ISBN: 9780080866710

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1936). Die kymozyklographische Methode der Bewegungsuntersuchung *Handbuch der Biol. Arbeitsmethoden* (Vol. 5, pp. 629-680). Berlin - Wien: Abderhalden, E.

Bernstein, N. A. (1935). Проблема взаимоотношений координации и локализации (Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation). *Архив биологический наук (Archiv der Biologiewissenschaften)*, 38(1), 1-34.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1967). The problem of Interrelation of Coordination and Localization. In N. A. Bernstein (Ed.), *The Coordination and Regulation of Movements* (pp. 15-59). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1984). The Problem of Interrelation of Coordination and Localisation. In H. T. A. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* (Vol. 17, pp. 77-119). North Holland, Oxford: Elsevier Science.
ISBN: 9780080866710

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In L. Pickenhain (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 66-99). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Bernstein, N. A. (1935). *Исследования по биодинамике локомоций: биодинамика ходьбы нормального взрослого мужчины (Untersuchungen zur Biodynamik der Lokomotion: Biodynamik des Ganges des gesunden erwachsenen Mannes)*. Moskau; Leningrad: Отд-ние физиологии движений ВИЭМ (WIEM - Abteilung für Bewegungsphysiologie).

Bernstein, N. A. (1935). Исторический очерк биодинамических исследований ходьбы (Historischer Abriß über die biodynamischen Untersuchungen des Gehens) *Исследования по биодинамике локомоций (Untersuchungen zur Biodynamik der Lokomotion)* (Vol. 1, pp. 5-13). Moskau, Leningrad.

Bernstein, N. A. (1935). Экспериментальные исследования нормальной, ненагруженной ходьбы мужчины (Experimentelle Untersuchung des normalen, unbeladenen Ganges des Mannes) *Исследования по биодинамике локомоций (Untersuchungen zur Biodynamik der Lokomotion)* (pp. 30-122). Moskau, Leningrad.

Bernstein, N. A., Bunkin, A. (1935). Ходьба (der Gang) *Большая советская энциклопедия (Große sovjetische Enzyklopädie)* (Vol. 59, pp. 828-931). Moskau.

Bernstein, N. A. (1935). Исследования по физиологии и патофизиологии движений (Untersuchung zur Physiologie und Pathophysiologie der Bewegungen) *Тезисы и сообщения XV междунаро. физиолог. конгресса 9-17 авг. 1935 (Thesen und Mitteilungen des 15. Internat. Kongresses der Physiologen)* (pp. 32-33). Moskau, Leningrad.

Bernstein, N. A. (1936). Циклография (Zyklographie) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 444-445).

Bernstein, N. A. (1936). Хронофотография (Chronofotographie) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 410).

Bernstein, N. A. (1936). Центр тяжести (Körperschwerpunkt) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 410).

Bernstein, N. A. (1936). *Центральный эффекторный процесс в его проекции на движение (Der zentrale Prozess des Effektors in seiner Projektion auf die Bewegung)*. Полигр. лаборатория (Polygr. Labor) ЛГУ (Universität Leningrad). (Dokumentnummer: FB W 500/4486)

Bernstein, N. A. (1936). Физиология и патофизиология движений (Physiologie und Pathophysiologie der Bewegung). *физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова (Physiologisches Journal der UDSSR im Namen I. M. Sechenov)*, 21(5/6), 1017-1019.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. M., O. G., Wagenaar, R.C. (1998). Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Motor Control*, 2, 95-100.

Bernstein, N. A. (1937). Некоторые данные по биодинамике бега выдающихся мастеров (Daten zur Biodynamik des Laufs hervorragender Meister). *Теория и практика физкультуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 3, 250-261.

Bernstein, N. A. (1937). *Некоторые данные по биодинамике бега выдающихся мастеров (Daten zur Biodynamik des Laufs hervorragender Meister)*. Paper präsentiert auf: третья итоговая конференция СНИФКа (Dritte Jahresabschlusskonferenz des Zentralen Insituts für Körperkultur), Moskau.

Bernstein, N. A. (1937). Координация движений (Koordination der Bewegungen) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 226). Moskau.

Bernstein, N. A. (1937). Исследования нормальной и патологической локомоторики. Автореферат (Untersuchungen über die normale und pathologische Lokomotion. Autoreferat) *Проблемы моторики в неврологии и психиатрии (Probleme der Motorik in der Neurologie und Psychiatrie)* (pp. 61-63). Kiev: Труды Центр. Психоневрологического института (Arbeitszentrum des Psychoneurologischen Instituts).

Bernstein, N. A. (1939). Особенности биодинамики спринта (Besonderheiten der Biodynamik des Sprints). *Теория и практика физической культура (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 3, 60-64.

Bernstein, N. A. (1939). Современные данные о структуре нервнодвигательного процесса (Moderne Befunde über die Struktur des neuro-motorischen Prozesses) *Музыканты-педагоги (Musikpädagogen)*. Moskau: Muzgiz. 207-231

Bernstein, N. A. (1940). Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens). In N. A. Bernstein (Ed.), *Труды Лаборатории по изучению движений (Arbeit des Laboratoriums zur Untersuchung von Bewegungen)* (Vol. 3, pp. 312). Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Bernstein, N. A. (1940). Биодинамика локомоций - генез, структура, изменения (Biodynamik der Lokomotion - Genese, Struktur, Veränderungen) *Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens)* (pp. 9-47). Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Bernstein, N. A. (1940). Исследования биодинамики бега выдающихся мастеров спорта (Untersuchung der Biodynamik des Laufs hervorragender Meister des Sports) *Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens)* (pp. 131-223). Moskau.

Bernstein, N. A. (1940). Зависимость между скоростью, углом вылета, силой толчка и длительностью полета при прыжках в длину с разбега (Abhängigkeit zwischen Geschwindigkeit, dem Absprungswinkel, dem Kraftimpuls und der Flugdauer bei Weitsprüngen mit Anlauf) *Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens)* (pp. 284-288). Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Bernstein, N. A. (1940). Сравнительный анализ биодинамики учебного и торжественного шага разных видов (Vergleichende Analyse der Biodynamik verschiedener Lehr-, und Paradeschritte) *Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens, Springens)* (pp. 289-309).

Bernstein, N. A. (1940). О биодинамике локомоции (Über Biodynamik der Lokomotion) *Труды лаборатории по изучению движений (Arbeit des Laboratoriums zur Untersuchung von Bewegungen)*: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1967). *Biodynamics of locomotion The coordination and regulation of movements* (pp. 60-113). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1984). *Biodynamics of Locomotion*. In H. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* (Vol. 17, pp. 171-222). North Holland, Oxford: Elsevier Science. ISBN: 9780080866710

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). *Biodynamik der Lokomotionen* (L. Pickenhain, Trans.). In L. Pickenhain, Schnabel, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 19-66). Leipzig: Johann Ambrosius Barth, Leipzig. ISBN: 9783335000617

Bernstein, N. A. (1940). О построении движений и их систематизации по невро-физиологическому признаку (Über den Aufbau der Bewegung und ihre Systematisierung nach einem neurophysiologischen Merkmal). *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 5, 50-62.

Bernstein, N. A. (1941). Механика и координация движений человека (Mechanik und Koordination der Bewegung des Menschen) *Физиология Человека (Physiologie des Menschen)* (pp. 315-349). Moskau: Marsak, M.

Bernstein, N. A. (1945). Назревшие вопросы современной нервной физиологии (Aktuelle Fragen der modernen Neurophysiologie). *Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова (Physiologisches Journal der UdSSR im Namen I. M. Sechenov)*, 31, 298-311.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Sporns, O., Edelman, G. (1998). Bernstein's Dynamic View of the Brain: The Current Problems of Modern Neurophysiology (1945). *Motor Control*, 2(3), 283-305.

Bernstein, N. A. (1945). К вопросу о природе и динамике координационной функции (Zur Frage der Art und Dynamik der Koordinationsfunktion). In S. Rubinstein (Ed.), *Движение и Деятельность (Bewegung und Aktivität)*. Moskau.

Bernstein, N. A. (1945). К вопросу о природе и динамике координационной функции (Zur Frage der Art und Dynamik der Koordinationsfunktion) *Психология: Движение и деятельность (Psychologie: Bewegung und Aktivität)* (Vol. 90, pp. 22-90). Moskau: ученые записки МГУ (wissenschaftliche Notizen des MGU).

Bernstein, N. A., Krestovnikov, A.N.; Marschak, M.E. (1946). *Физиология человека (Physiologie des Menschen)*. Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).

Bernstein, N. A. (1946). К вопросу о расчете беговых дорожек (Zur Frage der Berechnung von Laufbahnen). *Теория и практика физкультуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 9, 473-481.

Bernstein, N. A. (1946). Проблема восстановления и компенсации в свете современной теории координации (Das Problem der Wiederherstellung und Kompensation im Lichte der heutigen Theorie von der Koordination) *Тезисы докладов и выступлений 1-ой научной сессии института неврологии АМН СССР (Thesen und Vorträge der 1. wissenschaftlichen Tagung des Instituts für Neurologie der Akademie der medizinischen Wissenschaften der UdSSR)* (pp. 47). Moskau.

Bernstein, N. A. (1946). Значение анализа биоэлектрических потенциалов мозга и мышц для теории построения движений (Bedeutung der Analyse der bioelektrischen Hirn-, und Muskelpotenziale für die Theorie vom Aufbau der Bewegung). *Бюллетень института неврологии АМН СССР (Bulletin des Instituts für Neurologie der Akademie der medizinischen Wissenschaften der UdSSR)*, 2, 13-15.

Bernstein, N. A. (1947). Координация движений в онтогенезе (Koordination der Bewegung in der Ontogenese). *Записки центрального института физической культуры (Aufzeichnungen des Zentralen Instituts für Körperkultur)*, 2, 3-52.

Bernstein, N. A. (1947). Биодинамика стартовых движений (Biodynamik der Startbewegungen). *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 10, 357-372.

Bernstein, N. A. (1947). К вопросу о структурном анализе биоэлектрических кривых (Zur Frage nach der Strukturanalyse bioelektrischer Kurven). *Журнал физиологии СССР (Physiologie-Journal der UdSSR)*, 33, 259-263.

Bernstein, N. A. (1947). Современные проблемы взаимоотношений между электрическими и механическими процессами в мышечной системе (Aktuelle Probleme der Wechselbeziehung zwischen elektrischen und mechanischen Prozessen der Muskulatur) *Тезисы докладов и выступлений 2-ой научной конференции института неврологии АМН СССР (Abschlussarbeiten und Vorträge der 2. wissenschaftlichen Konferenz des Instituts für Neurologie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR)* (Vol. 29, pp. 1-3; 19-21). Moskau.

Bernstein, N. A. (1947). Советская физиология движений и ее приложение к области физической культуры и спорта (Die sowjetische Bewegungsphysiologie und ihre Anwendung auf dem Gebiet der Körperkultur und des Sports) *Юбилейная сессия научно-методического совета к XXX-летию вел. октябр. соц. революции (Jubiläumssitzung des wiss.-method. Rates aus Anlaß des 30. Jahrestages der großen soz. Oktoberrevolution)* (pp. 30-33). Moskau, Leningrad.

Bernstein, N. A. (1947). *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*. Moskau: Медгиз (MedGiz).

Übersetzung (Deutsch) des 8. Kapitels in:

Bernstein, N. A. (1996). *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten* (C. Bauer, Trans.). Leipzig: IAT.

Bernstein, N. A., Schnabel, G., Sandner, H. (2001). *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*. Leipzig: IAT, Abt. Information Dokumentation Sport.

Bernstein, N. A. (1947). О построении движений, их восстановлении и компенсациях (Über den Aufbau der Bewegungen, ihre Wiederherstellung und Kompensationen) *Психология. Вопросы восстановления психологических функций (Psychologie. Fragen der Wiederherstellung psychologischer Funktionen)* (Vol. 111, pp. 48-57). Moskau: Ученые записки МГУ (Wissenschaftliche Notizen der staatl. Universität Moskau).

Bernstein, N. A. (1948). К биодинамической теории построения протезов нижних конечностей (Zur biodynamischen Theorie des Baus von Prothesen für die untere Extremität). *Работы Московского института протезирования (Werke des Moskauer Instituts für Prothetik)*, 1, 5-12.

Bernstein, N. A. (1948). К вопросу об автоматизмах и деавтоматизациях двигательных актов (Über die Frage der Automatisierung und Desautomatisierung motorischer Akte) *Третья научная конференция по проблемам строения и деятельности коры головного мозга (3. Konferenz über Probleme des Aufbaus und der Tätigkeit der Hirnrinde)* (pp. 20-22). Moskau: Издательство академии медицинской науки (Verlag der Akademie der medizinischen Wissenschaften).

Bernstein, N. A., Salzgeber O.A. (1948). Анализ некоторых трёхмерных движений руки и предложения по созданию рабочего протеза (Analyse von einigen dreidimensionalen Bewegungen des Arms und Vorschläge für die Konstruktion einer Arbeitsprothese). *Работы Московского института протезирования (Werke des Moskauer Instituts für Prothetik)*, 31, 13-27.

Bernstein, N. A., Buravtseva G.R. (1954). *Координационные нарушения и восстановление биодинамики ходьбы после поражений головного мозга (Koordinationsstörungen und Wiederherstellung der Biodynamik des Gangs nach Hirnschädigung)*. Konferenzpapier, präsentiert: 7. Научная сессия инст. неврол. академии мед. наук СССР (7. Kongress des Instituts für Neurologie der Akademie Medizinischer Wissenschaften), Moskau, Akademie der medizinischen Wissenschaften, Institut für Neurologie

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Wagenaar, R.C., Meijer O.C. (1998). Bernstein's revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics after Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2(3), 181-188.

Bernstein, N. A., Buravtseva G.R. (1955). Анализ локомоторных расстройств и динамики их восстановления при органических спастико-паретических синдромах (Analyse der lokomotorischen Störungen und Dynamik ihrer Wiederherstellung bei organischen spastisch-paretischen Syndromen) *Аннотации научной работы АМН СССР (Anmerkungen zur wissenschaftlichen Arbeit der Akademie der medizinischen Wissenschaften der UdSSR)* (pp. 232-233). Moskau.

Bernstein, N. A. (1956). Buchbesprechung zu R. Wagner 'Probleme und Beispiele biologischer Regelung'. *Новые книги за рубежом (Neue Bücher im Ausland)*, 9, 3-8.

Bernstein, N. A. (1957). О книге Г. Вальтер „Мозг и его жизнедеятельность“ Критическая рецензия (Über G. Walters Buch: "The Living Brain", eine kritische Rezension). *Вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 3(3), 136-142.

Bernstein, N. A. (1957). Некоторые назревающие проблемы регуляции двигательных актов (Einige dringende Probleme der Regulation motorischer Akte) *Вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 3(6), 70-90.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Einige heranreifende Probleme der Regulation der Bewegungsakte. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 141-163). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1967). Some emergent problems of the regulation of motor acts *The Coordination and Regulation of Movements* (pp. 114-143). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1984). Some emergent problems of the regulation of motor acts In H. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* (17 ed., Vol. 17, pp. 343-371). North Holland, Oxford: Elsevier Science. ISBN: 9780080866710

Bernstein, N. A. (1958). Модели как средство изучения нервно-двигательных процессов (Modelle zum Studium neuro-motorischer Vorgänge) *Доклады академии педаг.наук (Bericht der Akademie Pädagogischer Wissenschaften)* (pp. 89-94). Moskau.

Bernstein, N. A. (1959). Вы согнули руку (Sie haben den Arm gebeugt). *Знание-сила (Wissen ist Macht)*, 2, 46-49.

Bernstein, N. A. (1960). Исторические истоки кибернетики и перспективы применения ее в медицине: предисловие (Die historischen Quellen der Kybernetik und ihre Anwendungsperspektiven in der Medizin: Vorwort) *Моисеев: Вопросы кибернетики в биологии и медицине (Moiseev: Fragen der Kybernetik in Biologie und Medizin)* (pp. 3-24). Moskau: Медгиз (MedGiz).

Bernstein, N. A. (1960). *Models and Analogies in Biology*. Paper presented at the Symposia of the Society for Experimental Biology, Cambridge.

Bernstein, N. A. (1960). Предисловие. In W. Moiseev (Ed.), *Вопросы кибернетики в биологии и медицине (Fragen der Kybernetik in Biologie und Medizin)*. Moskau: MedGiz.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1963). Vorwort. In W. Moisseev (Ed.), *Fragen der Kybernetik in Biologie und Medizin*. Berlin: Akademie-Verlag.

Bernstein, N. A. (1961). Пути и задачи физиологии активности (Wege und Aufgaben der Physiologie der Aktivität). *Вопросы философии (Fragen der Philosophie)*, 15(6), 77-92.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Wege und Aufgaben der Physiologie der Aktivität. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 177-198). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1967). Trends and problems in the study of investigation of physiology of activity. In N. A. Bernstein (Ed.), *The coordination and regulation of movements* (pp. 143-168). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1984). Trends and Problems in the Study of Investigation of Physiology of Activity. In H. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* (17 ed., Vol. 17, pp. 441-466). North Holland, Oxford: Elsevier Science. ISBN: 9780080866710

Bernstein, N. A. (1961). Очередные проблемы физиологии активности (Aktuelle Probleme der Physiologie der Aktivität). *Проблемы кибернетики (Probleme der Kybernetik)*, 6, 101-160.

Bernstein, N. A. (1961, 18.04.1961). В просторах космического океана (in den Fernen des kosmischen Ozeans). *Pravda Ukrainy*.

Bernstein, N. A. (1961). Если бы вместе с Гагариным (Wenn gemeinsam mit Gargaryn). *Молодой Колхозник (Junger Kolchosnik)*, 5, 3-4.

Bernstein, N. A. (1962). К анализу непериодических колебательных сумм с переменными спектрами по методу взвешенных решеток (Zur Analyse nicht-periodischer Schwingsummen mit wechselnder Spektralzusammensetzung unter Anwendung der gewichteten Gittermethode) *Биофизика* (pp. 377-381). Moskau.

Bernstein, N. A. (1962). Равновесие тела (Körpergleichgewicht) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (2 ed., Vol. 27, pp. 684-687). Moskau.

Bernstein, N. A. (1962). Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой (Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und ihr Verhältnis zur Kybernetik). *Вопросы философии (Fragen der Philosophie)*, 8, 78-87.

Bernstein, N. A. (1962). Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой (Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und ihr Verhältnis zur Kybernetik) Moskau.

Bernstein, N. A. (1962). Пути развития физиологии и связанные с ними задачи кибернетики (Die Entwicklungswege der Physiologie und damit zusammenhängende Aufgaben der Kybernetik) *Биологические аспекты кибернетики (Biologische Aspekte der Kybernetik)* (pp. 52-65). Moskau.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1967). Trends in Physiology and Their Relation to Cybernetics. In N. A. Bernstein (Ed.), *The coordination and regulation of movements* (pp. 169-183). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1984). Trends in Physiology and their relation to cybernetics. In H. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* (pp. 531-544). North Holland, Oxford: Elsevier Science. ISBN: 9780080866710

Bernstein, N. A. (1962). Новые линии развития современной физиологии (Neue Entwicklungslinien in der modernen Physiologie) *Материал конференции методам физиол. исслед. человека (Beiträge der Konferenz über physiol. Untersuchungsmethoden des Menschen)*. Moskau: Letavet, A., Farfel, V.,

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (2014). New Lines in Developments in Contemporary Physiology (1962) (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg.* (pp. 216-225). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (1963). Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой (Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und ihr Verhältnis zur Kybernetik) *Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии (Philosophische Fragen der Physiologie der höheren Nerventätigkeit und der Psychologie)* (pp. 299-322). Moskau.

Bernstein, N. A. (1963). *Моделирование в биологии (Modellierung in der Biologie)*. Moskau: Издательство иностранной литературы (Verlag ausländischer Literatur).

Bernstein, N. A. (1963). Тонус. In Y. M. Кос (Ed.), *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (pp. 418-422). Moskau.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Meijer, Onno G., Kots, Y., Edgerton, V.R. (2001). Low-Dimensional Control: Tonus (1963). *Motor Control*, 5(1), 1-22.

Bernstein, N. A. (1963). Биологические прототипы и синтетические модели. Рецензия. (Biologische Prototypen und synthetische Modelle. Rezension) *Новые книги за рубежом (Neue Bücher im Ausland)* (Vol. 5, pp. 38-41). Moskau.

Bernstein, N., Napalkov, A., Chichvarina, N.A. (1963). Предисловие (Vorwort) *Мозг и кибернетика (Gehirn und Kybernetik)* (pp. 3-7). Moskau: Знание (Wissen).

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (2014). Preface to A.V. Napalkov and N.A. Chichvarina's Brochure "Brain and Cybernetics" (1963) (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg, E.; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg.* (pp. 225-230). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (1963). Телеметрия: применение телеметрик к изучению поведения животных, их физиология и экология. Рецензия (Telemetrie: Anwendung der Telemetrie zum Studium des Verhaltens der Tiere, ihrer Physiologie und Ökologie. Rezension) *Новые книги за рубежом (Neue Bücher im Ausland)* (Vol. 12, pp. 418-422).

Bernstein, N. A. (1963). Vorwort. In W. Moisseev (Ed.), *Fragen der Kybernetik in Biologie und Medizin.* Berlin: Akademie-Verlag.

Bernstein, N. A., Bassin, F.V., Latash L.P. (1964). Проблема функциональной организации мозга человека в свете данных современной экспериментальной и клинической нейрофизиологии (Das Problem der funktionellen Organisation des menschlichen Gehirns nach den Ergebnissen der gegenwärtigen experimentellen und klinischen Neurophysiologie) *X. Всесоюзное Физиологическое обсуждение имени Павлова (X. Nationale Physiologische Besprechung im Namen Pavlovs)* (Vol. 1, pp. 122-123). Moskau.

Bernstein, N. A. (1964). Эйфелева башня (Eiffelturm). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 9, 33-39.

Bernstein, N. A. (1964, 10.10.). Формула рекорда: беседа (Formel des Rekords: Eine Besprechung). *Комсомольская Правда (Komsomolskaja Pravda)*.

Bernstein, N. A. (1964). Кое-что о письме и почерке (Etwas über Schreiben und Handschrift). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 7, 113-120.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (2014). A Few Words on Writing and Handwriting (1966) (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg, E.; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg.* (pp. 236-249). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (1964). О перспективах математики в биокибернетике- Предисловие (Über Perspektiven der Mathematik in der Biokybernetik - Vorwort) *V.I. Czerny; A.V. Napalkov: Математический аппарат биологической кибернетики (Mathematischer Apparat der Biol. Kybernetik)* (pp. 3-30). Moskau.

Bernstein, N. A. (1964). Предисловие (Vorwort) *K.S. Trincer: Биология и информация (Biologie und Information)* (pp. 5-14). Moskau.

Bernstein, N. A. (1964). Предисловие (Vorwort) *V. Czerny: Математический аппарат биологической кибернетики (V. Czerny: Mathematischer Apparat der biologischen Kybernetik)* (pp. 3-30). Moskau: Медицина (Medizina).

Bernstein, N. A. (1964). Ходьба (Der Gang) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 33-34).

Bernstein, N. A., Stukalov, A. (1964). Циклография (Zyklographie) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 396-398).

Bernstein, N. A., Stukalov, A. (1964). Хронофотография (Chronofotographie) *Большая медицинская энциклопедия (Große medizinische Enzyklopädie)* (Vol. 34, pp. 282-286).

Bernstein, N. A. (1964). К очерку К.Е. Циолковского "Механика в биологии" (Über K.E. Ziolkovskis Essay "Mechanics in Biology") *Собрание Сочинений Наука (Gesammelte Werke der Wissenschaften)* (Vol. 4, pp. 454-458). Moskau: Наука (Wissenschaft).

Übersetzung (Englisch) in:

Meijer, O. G., Feigenberg, J., Bernstein N.A. (2000). Bernstein's Failure to Join the Space Race: His Commentary on Tsiolkovskii's "Mechanics in Biology" (1964). *Motor Control*, 4(3), 262-272.

Bernstein, N. A. (2014). Remarks on K.E. Tsiolkovsky's essay "Mechanics in Biology" (1964) (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg, E.; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg.* (pp. 230-236). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (1965). Смерть от страха ожидания смерти (Tod aus Furcht vor der Erwartung des Todes). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 2, 149.

Bernstein, N. A. (1965). Предисловие (Vorwort) *L. Skchaidze: Координация произвольных движений человека в условиях космического полета (Koordination der Willkürbewegungen des Menschen unter der Bedingung des Weltraumfluges)* (pp. 7-20). Moskau: Наука (Nauka - Wissen).

Bernstein, N. A. (1965). Предисловие (Vorwort) *Биотелеметрия: Применение телеметрии в физиологии и экологии животных (Biotelemetrie: Anwendung von Telemetrie in Physiologie und Ökologie von Lebewesen)*. Moskau: Мир (Myr - Welt).

Bernstein, N. A. (1965). Как был построен Сызранский мост через Волгу (Wie die Brücke bei Sysran über die Wolga gebaut wurde). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 5, 146.

Bernstein, N. A. (1965). На путях к биологии активности (Auf den Wegen zur Biologie der Aktivität). *Вопросы философии (Fragen der Philosophie)*, 19(10), 65-78.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 218-235). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Bernstein, N. (1971). Psychophysiologie und psychologische Bionik *Biologie und Verhalten* (pp. 17-38). Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Bongaardt, R., Pickenhain, L., Meijer O.G. (2000). Bernstein's Anti-Reductionistic Materialism: On the Road Towards a Biology of Activity (1965). *Motor Control*, 4(4), 377-406.

Bernstein, N. A. (1965). *Биотелеметрия (Biotelemetrie) Перевод с английского в редакцию О. Ларичев и Й. Смуккер с предисловием Н.А. Бернштейна (Übersetzung aus dem Englischen unter Redaktion von L. Laricev und J. Smukker mit einem Vorwort von N. Bernstein)*. Moskau: Мир (Mir).

Bernstein, N. A. (1966). Проблема взаимоотношений координации и локализации (Das Problem des Verhältnisses von Koordination und Lokalisation). In F. Gazenko O.G., I., (Ed.), *Физиология движений и активность (Physiologie der Bewegung und Aktivität)* (pp. 266-296). Moskau: Наука (Wissen).

Übersetzungen s. Erstausgabe 1935

Bernstein, N. A. (1966). Крушение Тэйского моста (Der Zusammenbruch der Brücke von Taiska). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 2, 151-155.

Bernstein, N. A. (1966). Some problems on the control of motor acts. In A. Leontiev, Luriya, A., Smirnov, A. (Ed.), *Psychological Research in the U.S.S.R.* (Vol. 1, pp. 151-180). Moskau: Progress Publishers.

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1971). Bewegungskontrolle. In T. K. Kussmann, H. (Ed.), *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie.* (pp. 146-172). Bern: Huber.

Bernstein, N. A. (1966). *Очерки по физиологии движений и физиологии активности (Grundriss der Physiologie der Bewegungen und Physiologie der Aktivität)*. In: Классика науки Академии наук СССР (Klassiker der Akademie der Wissenschaften der UdSSR) Moskau: Медицина (Medizina).

Übersetzung Ausschnitt S. 121-170 (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Die Koordination der Bewegungen in der Ontogenese. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 99-141). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Sowie S. 249-265 (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Steuerung, Kodierung und Modellierung in der Physiologie. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 163-177). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Sowie das Vorwort (Deutsch) zuvor in:

Bernstein, N. A. (1963). Vorwort. In W. Moisseev (Ed.), *Fragen der Kybernetik in Biologie und Medizin*. Berlin: Akademie-Verlag.

Sowie S. 299-322 (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 198-218). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Schlusskapitel S. 323-338 (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1975). Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In L. S. Pickenhain, G. (Ed.), *Bewegungsphysiologie* (pp. 218-235). Leipzig: Ambrosius Barth. ISBN: 9783335000617

Bernstein, N. A. (1966). *Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем (Modelle der strukturellen und funktionellen Organisation einiger biologischer Systeme)* In: Моделирование - Применение в биологии - Сборники (Modellierung - Anwendung in der Biologie - Sammlungen) (Vol. 3). Moskau: Наука (Nauka – Wissenschaft)

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Latash, L.P., Latash, M.L., Meijer O.G. (1999). 30 Years Later: The Relation between Structure and Function in the Brain from a Contemporary Point of View (1966), Part 1. *Motor Control*, 3(4), 329-345.

Bernstein, N. A., Latash, L.P., Latash, M.L., Meijer O.G. (2000). 30 Years Later: On the Problem of the Relation between Structure and Function in the Brain from a Contemporary Viewpoint (1966), Part II. *Motor Control*, 4(2), 125-149.

Bernstein, N. A. (1966). *Очередные задачи нейро-физиологии в свете современной теории биологической активности (Die nächsten Aufgaben der Neurophysiologie im Lichte der heutigen Theorie der biologischen Aktivität)*. Paper presented at the Cybernetik Aspects of Integrative Brain Activities, XVIIIth International Congress of Psychology August 4-11, Moscow.

Bernstein, N. A. (1966). Очередные задачи нейро-физиологии в свете современной теории биологической активности (Die nächsten Aufgaben der Neurophysiologie im Lichte der heutigen Theorie der biologischen Aktivität) - Доклады представления на XVIII международном конгрессе психологии 1966 (Präsentationen auf dem XVIII Kongress der Psychologie). *Вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 4, 3-7.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1966, August 4-11). *The immediate task of neuro-psychology in the light of the modern theory of biological activity*. Paper presented at the Cybernetic Aspects of the Integrative Brain Activities. XXVIII Internat. Congress of Psychology. Symposium 2, Moscow.

Bernstein, N. A., Bassin, F.V, Latash, L. (1966). К проблеме связи между структурой и функциями мозга в ее современном понимании (Zum Problem des Zusammenhangs zwischen Struktur und Funktion des Gehirns nach unserem heutigen Verständnis) *Физиология в клинической практике (Physiologie in der klinischen Praxis)* (pp. 38-71). Moskau: Наука (Nauka- Wissen).

Bernstein, N. A. (1966). От рефлекса к модели будущего (Vom Reflex zu einem Modell des Künftigen). *Неделя (Nedelya - Die Woche)*, pp. 8-9.

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A., Feigenberg, J.M., Meijer O.G. (1999). The Active Search for Information: From Reflexes to the Model of the Future (1966). *Motor Control*, 3(3), 225-236.

Bernstein, N. A. (2014). From Reflexes to the Model of the Future (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg, E.; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg*. (pp. 249-263). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (1966). Проблемы моделирования в биологии активности (Probleme der Modellierung in der Biologie der Aktivität) *Математическое моделирование жизненных процессов (Mathematische Modellierung von Lebensprozessen)* (pp. 17-31). Moskau: Наука (Nauka- Wissen).

Bernstein, N. A. (1967). *The Coordination and Regulation of Movements* (Vol. XII). Oxford: Pergamon Press.

Bernstein, N. A. (1967). Биокibernетика и биология активности - управление и управляемость в мире живого (Biokybernetik und Biologie der Aktivität - Steuerung und Steuerbarkeit in der Welt des Lebenden) *Проблемы моделирования психической деятельности (Probleme der Modellierung der psychischen Tätigkeit)* (pp. 206-216). Novosibirsk.

Bernstein, N. A. (1968). Проблемы моделирования в биологии активности (Probleme der Modellierung in der Biologie der Aktivität) *Математическое моделирование жизненных процессов (Mathematische Modellierung von Lebensprozessen)* (pp. 184-197). Moskau: Мысль (Mysl - Der Gedanke).

Übersetzung (Deutsch) in:

Bernstein, N. A. (1972). Probleme der Modellierung in der Biologie der Aktivität. In Pliquet, D. Matthies, H.J. (Ed.), *Mathematische Modellierung von Lebensprozessen* (pp. 163-172). Berlin: Akademie-Verlag.

Bernstein, N. A. (1969). Methods for developing psychology as related to the problems of cybernetics *A Handbook of Contemporary Soviet Psychology* (pp. 441-451). New York - London: Basic Books Inc.

Bernstein, N. A. (1978). Из записных книжек (Aus Notizbüchern). *Вестник московского университета (Bulletin der Moskauer Universität)*(4), 64-67.

Bernstein, N. A., Luria A. R., Vygotsky, L.S., (1984). *Нейропсихология-Тексты (Neuropsychologie - Texte)*. Moskau: Издательство МГУ (MGU).

Bernstein, N. A. (1990). Очерки по физиологии движений и физиологии активности (Skizzen über die Physiologie der Bewegung und der Physiologie der Aktivität). In J. Feigenberg (Ed.), *Физиология движений и активность (Physiologie der Bewegung und Aktivität)* (pp. 243-462). Moskau: Наука (Nauka-Wissenschaft).

Bernstein, N. A. (1990). *Физиология движений и активность (Physiologie der Bewegung und Aktivität)*. Moskau: Наука (Nauka - Wissenschaft). ISBN: 5-02-005234-5

Bernstein, N. A. (1991). *О ловкости и ее развитии (Über Geschicklichkeit und ihre Entwicklung)*. Moskau: Физкультура и спорт. ISBN: 5-278-00339-1

Übersetzung (Englisch) in:

Bernstein, N. A. (1996). On Dexterity and its Development. In M. T. Latash, M. (Ed.), *Dexterity and Its Development* (pp. 3-244). Mahwah, NJ: Erlbaum. ISBN: 9781138967618

Bernstein, N. A. (1997). *Биомеханика и физиология движений (Biomechanik und Physiologie der Bewegung)*. Moskau: Институт практической психологии (ИПП) (Institut praktischer Psychologie IPP). ISBN: 5-89395-026-7

Bernstein, N. A. (1998). The Immediate Tasks of Neurophysiology in the Light of the Modern Theory of Biological Activity. *Bernstein's Heritage*, 2, 2-9.

Bernstein, N. A., Meijer, O. G., Bongaardt, R. (1998). Bernstein's last paper: The immediate task of neurophysiology in the light of the modern theory of biological activity. *Motor Control*, 2(1), 2-9.

Bernstein, N. A. (2001). *Избранные труды по биомеханике и кибернетике (Ausgewählte Arbeiten zur Biomechanik und Kybernetik)*. Классическое научное наследие. Физическая культура (Klassisches wissenschaftl. Erbe der Sportlehre). Moskau: СпортАкадемПресс (SportAkademPress). ISBN: 5-8134-0054-0

Bernstein, N. A., Boskys, R., Bartshevskaya, M. (2002). *Психология аномального развития ребенка (Psychologie der abnormalen Kindesentwicklung)*. Moskau: Высшая школа (Hochschulverlag). ISBN: 5-88711-182-8

Bernstein, N. A. (2002). Две функции рецепции (Zwei Funktionen der Rezeption). In J. Hippenreiter, Saunders D., (Ed.), *Психология ощущений и восприятия (Psychologie der Empfindungen und Wahrnehmungen)*. Moskau: Издательство «ЧеРо» (Che-Ro Verlag). ISBN: 5-88711-177-1

Bernstein, N. A. (2003). *Современные искания в физиологии нервного процесса (Moderne Untersuchungen in der Physiologie des Nervensystemes)*. Moskau: Смысл (Smysl-Die Bedeutung). ISBN: 5-89357-132-0

Bernstein, N. A. (2004). *Биомеханика и физиология движений (Biomechanik und Physiologie der Bewegungen)*. Moskau: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та ; Воронеж : МОДЭК (Moskauer psych.-soz. Institut; Woronesh; MODEK).

Bernstein, N. A. (2005). Назревшие проблемы регуляции двигательных актов (Heranreifende Probleme bei der Regulierung motorischer Handlungen). In E. Sokolova (Ed.), *Хрестоматия по курсу: Введение в психологию (Eine Anthologie zum Kurs: Einführung in die Psychologie)* Moskau: МПСИ Московский психолого-социальный университет (Moskauer Psychologische/Soziol. Universität). ISBN: 5-93692-058-5

Bernstein, N. A. (2005). Уровни построения движений (Ebenen der Bewegung) *Хрестоматия по курсу: Введение в психологию (Eine Anthologie zum Kurs: Einführung in die Psychologie)*. Moskau: МПСИ Московский психолого-социальный университет (Moskauer Psychologische/Soziol. Universität). ISBN: 5-93692-058-5

Bernstein, N. A. (2008). *Биомеханика и физиология движений: избранные психологические труды (Biomechanik und Bewegungsphysiologie: ausgewählte psychologische Arbeiten)*. Moskau: Московский психолого-социальный ин-т ; Воронеж : МОДЭК (Moskauer psychol.-soz. Institut: MODEK). ISBN: 978-5-9770-0347-6

Bernstein, N. A. (2008). Очерки по физиологии движений и физиологии активности (Skizzen über die Physiologie der Bewegung und der Physiologie der Aktivität) *Биомеханика и физиология движений. Избранные психологические труды. (Biomechanik und Bewegungsphysiologie: ausgewählte psychologische Arbeiten)* (Vol. 3). Moskau: МПСИ Московский психолого-социальный университет (MPSI Moskauer Psychologo-soz. Universität). ISBN: 978-5-9770-0347-6

Bernstein, N. A. (2014). The Main Methodological Principles of the Physiology of Movement (1949) (J. Linkova, Trans.). In J. L. Feigenberg, E.; Talis, V. (Ed.), *Nikolai Bernstein : from reflex to the model of the future / Josef M. Feigenberg*. (pp. 193-216). Wien, Zürich; Berlin; Münster: LIT. ISBN: 978-3-643-90583-3

Bernstein, N. A. (2017). *О ловкости и ее развитии (Über Gewandtheit und ihre Entwicklung)*. Moskau, St.Petersburg: TBT Дивизион (TWT Division). ISBN: 978-5-98724-203-2

Übersetzung s. Erstausgabe 1991

Bernstein, N. A. (2017). *Избранные труды по биомеханике и кибернетике (Ausgewählte Arbeiten zur Biomechanik und Kybernetik)*. Moskau/St.Petersburg: TBT Дивизион (TWT Division). ISBN: 978-5-98724-135-6

Bernstein, N., Loosch, E., Court, J., & Müller, A. (2019). *Atlas des Ganges und Laufes des Menschen / Dr. med. N. Bernstein*. Erfurt: Deutsche Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V., FG Sport- und Bewegungswissenschaften der Universität Erfurt. ISBN: 978-3-00-052509-4

6 Literaturverzeichnis

2002. Contributors. *Science & Education*, 11, 419-421.
- 2018a. *The Bernstein Prize* [Online]. Available: <http://i-s-m-c.org/the-bernstein-prize/> [Accessed 20.07. 2018].
- 2018b. *The Official Journal of the Society of Motor Control* [Online]. Available: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/mcj/mcj-overview.xml> [Accessed 01.06. 2018].
2019. *International Society of Motor Control* [Online]. Available: <http://i-s-m-c.org/> [Accessed 12.09. 2019].
- ALBERS, W. 1977. Historische Entwicklung der Arbeitsstudien. *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft* Tübingen: Vandenhoeck&Ruprecht.
- ARTEMOV, V. A., BERNSTEIN, N.A., VYGOTSKIJ, L.S., DOBRYNIN, I.F., LURIJA, A.R. 1927. *Практикум по экспериментальной психологии (Praktikum der experimentellen Psychologie)*, Moskau-Leningrad, Государственное Издательство (Staatl. Verlag).
- ARUIN, A. S. 2002. The Biomechanical Foundations of a Safe Labor Environment: Bernstein's Vision in 1930. *Motor Control*, 6, 3-18.
- BABEROWSKI, J. 2003. *Der rote Terror – Die Geschichte des Stalinismus*, München, Deutsche Verlags-Anstalt.
- BERNSTEIN, N. 1927a. Analyse aperiodischer trigonometrischer Reihen *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 7, 185-476.
- BERNSTEIN, N. 1971a. Psychophysiologie und psychologische Bionik. *Biologie und Verhalten* Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber.
- BERNSTEIN, N. 1975a. Auf den Wegen zu einer Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. 9 ed. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag.
- BERNSTEIN, N. 1975b. Biodynamik der Lokomotionen (Genese, Struktur, Veränderungen). In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Heidelberg: Barth.
- BERNSTEIN, N., FEIGENBERG, J. 2014a. A few Words on Writing and Handwriting. In: FEIGENBERG, J. M. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. Berlin, Zürich: Lit Verlag.
- BERNSTEIN, N. A. 1923. Исследование по биомеханике удара с помощью световой записи (Untersuchungen zur Biomechanik des Schlages mit Hilfe der Lichtregistrierung) *Исследования центрального института труда (Untersuchungen des Zentralen Instituts für Arbeit)* 1, 19-79.
- BERNSTEIN, N. A. 1924. Трудовые тренировки и условные рефлексy (Arbeitstraining und bedingte Reflexe). *Организация труда (Arbeitsorganisation)*, 4.
- BERNSTEIN, N. A. 1926a. *Биомеханика для инструкторов (Biomechanik für Instruktoren)*, Moskau, Новая Москва (Nov. Moskva).
- BERNSTEIN, N. A. 1926b. Общая биомеханика: Основы учения о движениях человека (Allgemeine Biomechanik - Grundlagen der Lehre der Bewegung des Menschen). *Общая биомеханика (Allgemeine Biomechanik)*. Moskau: ЦИТ - ВЦСПС (TsIT - Zentrales Institut für Arbeit).
- BERNSTEIN, N. A. 1927b. Кумозыклографийон, ein neuer Apparat für Bewegungsstudium. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 217, 782.
- BERNSTEIN, N. A. 1929. Клинические пути современной биомеханики (Klinische Pfade der modernen Biomechanik). *Сборник трудов государственного института по усовершенствованию врачей (Sammelband der Werke des Staatl. institutes für Ärztliche Prüfung)*. Kazan: GIDUV.
- BERNSTEIN, N. A. 1935. Проблема взаимоотношений координации и локализации (Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und

- Lokalisation). *Архив биологический наук (Archiv der Biologiewissenschaften)*, 38, 1-34.
- BERNSTEIN, N. A. 1936. Физиология и патофизиология движений (Physiologie und Pathophysiologie der Bewegung). *физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова (Physiologisches Journal der UDSSR im Namen I. M. Sechenov)*, 21, 1017-1019.
- BERNSTEIN, N. A. 1940. Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка (Untersuchungen zur Biodynamik des Gehens, Laufens und Springens). In: BERNSTEIN, N. A. (ed.) *Труды Лаборатории по изучению движений (Arbeit des Laboratoriums zur Untersuchung von Bewegungen)* Moskau: Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).
- BERNSTEIN, N. A. 1947. *О построении движений (Über den Aufbau von Bewegungen)*, Moskau, Медгиз (MedGiz).
- BERNSTEIN, N. A. 1967. Biodynamics of locomotion. *The coordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.
- BERNSTEIN, N. A. 1971b. Bewegungskontrolle. In: KUSSMANN, T., KÖLLING, H. (ed.) *Biologie und Verhalten. Ein Reader zur sowjetischen Psychophysiologie*. Bern: Verlag Hand Huber
- BERNSTEIN, N. A. 1975c. Biodynamik der Lokomotionen. In: PICKENHAIN, L., SCHNABEL, G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
- BERNSTEIN, N. A. 1975d. Das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Koordination und Lokalisation. In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth Verlag.
- BERNSTEIN, N. A. 1975e. Die Koordination der Bewegungen in der Ontogenese In: PICKENHAIN, L. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Pickenhain, L., Schnabel, G.
- BERNSTEIN, N. A. 1975f. Neue Entwicklungslinien in der Physiologie und Biologie der Aktivität. In: PICKENHAIN, L. S., G. (ed.) *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Ambrosius Barth
- BERNSTEIN, N. A. 1990. *О ловкости и ее развитии (Über Gewandtheit und ihre Entwicklung)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).
- BERNSTEIN, N. A. 1996. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT.
- BERNSTEIN, N. A. 1998 Studies on the Physiology and Pathophysiology of Movements. *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics.
- BERNSTEIN, N. A. 2003. *Современные искания в физиологии нервного процесса (Moderne Untersuchungen in der Physiologie des Nervensystemes)*, Moskau, Смысл (Smysl-Die Bedeutung).
- BERNSTEIN, N. A., BURAVTSEVA, G. R. 1954. Координационные нарушения и восстановление биодинамики ходьбы после поражений головного мозга (Beeinträchtigung der Koordination und Wiederherstellung der Biodynamik des Gangs nach Hirnschädigung). 7. *Научная сессия инст. неврол. академии мед. наук СССР (7. Kongress des Instituts für Neurologie der Akademie Medizinischer Wissenschaften)*. Moscow, Academy of Medical Science, Institute of Neurology.
- BERNSTEIN, N. A., FEIGENBERG, J. 2014b. New Lines Of Development in Contemporary Physiology. In: LOOSCH, E. T., V. (ed.) *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*. LIT Verlag.
- BERNSTEIN, N. A., LATASH, M. L. & TURVEY, M. T. 1996. *Dexterity and Its Development*, L. Erlbaum Associates.
- BERNSTEIN, N. A., MEIJER, ONNO G., KOTS, Y., EDGERTON, V.R. 2001. Low-Dimensional Control: Tonus (1963). *Motor Control*, 5, 1-22.

- BERNSTEIN, N. A., PICKENHAIN, L. & SCHNABEL, G. 1975. *Bewegungsphysiologie*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
- BERNSTEIN, N. A. & POPOVA, T. 1929. Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie*, 1, 396-432.
- BERNSTEIN, N. A. & SCHNABEL, G., SANDNER, H. 2001. *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*, Leipzig, IAT, Abt. Information Dokumentation Sport.
- BERNSTEIN, N. A., SPORNS, O., EDELMANN, G. 1998. Bernstein's Dynamic View of the Brain: The Current Problems of Modern Neurophysiology (1945). *Motor Control*, 2, 283-305.
- BERNSTEIN, N. O. 1868. *Руководство к частной физиологии (Leitfaden für spezielle Physiologie)*, Odessa, Имп. Новорос. ун-т (Imp. Novoros.).
- BETZ, K. 2019. Nikolai A. Bernstein: vergessene Ursprünge der modernen Bewegungswissenschaften. *Manuelle Medizin*, 57, 272-279.
- BÖGE, A. 2006. *Technische Mechanik*, Springer Science Media.
- BONGAARDT, R. & MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's theory of movement behavior: Historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior*, 32, 57-71.
- BREITHAUPT, R. M. 1921. *Die natürliche Klaviertechnik*, Leipzig, C.F. Kahnt Nachfolger.
- BRITANICA.COM. *Pravda* [Online]. Encyclopaedia britannica, inc. Available: <https://www.britannica.com/topic/Pravda> [Accessed 26.06 2019].
- CHKHAIDZE, L. V. 1969. *Coordination of the voluntary movements of man in a zero gravitational field (under weightlessness)*, United States, National Aeronautics and Space Administration.
- CHKHAIDZE, L. V., CHUMAKOV, S.V. 1972. *Формула шага (Formel des Schritts)*, Moskau, Физкультура и спорт (Körperkultur und Sport).
- DAVIS, B. L., RANA, M.V., LEVIS, A. 2001. Human Gait and Joint Mechanics: Is The pendulum swinging back to passive dynamics? - Chapter-by-Chapter Summary of Braune and Fischer's Work. In: LATASH, M. L., ZATSIORSKY V.M. (ed.) *Classics in Movement Science* Leeds, United Kingdom: Human Kinetics.
- DAVYDOV, V. 1996. Interrelation of L.S.Vygotsky and N.A. Bernshtein Scientific Schools Ideas. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 10-15.
- DEVISHVILI, V. M. 2015. N.A. Bernstein – The founder of modern biomechanics. *National Psychological Journal*, 4.
- DONSKOY, D., DMITRIYEV, S. 1996. N.A. Bernstein and Domestic Biomechanics's Development. *Теория и практика физической культуры (Theorie und Praxis der Körperkultur)*, 11, 4-10.
- DUSAN, B. 2017. *Aleksei Gastev* [Online]. Available: https://monoskop.org/index.php?title=Aleksei_Gastev&oldid=84803 [Accessed 20.12. 2017].
- FEIGENBERG, J. M. 2004. *Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность (deutsch: Bernstein N.A. - Physiologie der Bewegung und Aktivität)*, Moskau, Smysl.
- FEIGENBERG, J. M. 2014. *Nikolai Bernstein – From Reflex to the Model of the Future*, Lit Verlag.
- FEIGENBERG, J. M. & LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience. *Dexterity and its Development*. L.Erlbaum Associates.
- FISCHER, O. B., C.W. 1899. *Der Gang des Menschen*, Leipzig, B.G. Teubner.
- GABLER-VERLAG Taylorismus. *Gabler Wirtschaftslexikon*. Springer Gabler Verlag.
- GAINTY, C. 2016. Mr. Gilbreth's Motion Pictures — The Evolution of Medical Efficiency. *New England Journal of Medicine*, 374, 109-111.

- GAVRILOV, Y. V., VALKO, P. O. 2014. Ivan M. Sechenov (1829–1905). *Journal of Neurology*, 262, 495-497.
- GOLIKOV, Y. M., Y. 2006. *Прошлое и настоящее государственного учреждения «Институт экспериментальной медицины РАМН (Vergangenheit und Gegenwart des Instituts für Experimentelle Medizin)* [Online]. Russia. Available: <http://www.medline.ru/public/histm/medbuildings/iem1.phtml> [Accessed 23.05. 2019].
- GORDEEV, A. 2020. Bernstein versus Pawlow – eine Kontroverse zur Reflextheorie. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der Medizinischen Fakultät der Heinrich Heine Universität Düsseldorf.
- GORDON, W. W. 1951. The Pavlov Conference. *Soviet Studies*, 3, 34-59.
- GURFINKEL, W. S. 1974. Nikolai Alexandrowitsch Bernstein – Abriss seines wissenschaftlichen Wirkens. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
- GURFINKEL, W. S. & CORDO, P. J. 1998. *Bernstein's Traditions in Movement Studies*, US, Human Kinetics.
- HIRTZ, P. 1997. Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet. 2. Bernstein-Konferenz und 2. gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik. In: NÜSKE, F. (ed.) *Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 25-27.9.1996 in Zinnowitz*. Hamburg.
- HIRTZ, P., PÖHLMANN, R. 1989. Aktuelle sportmedizinische Forschungen im Lichte der Lehren N.A.Bernsteins. *Theorie und Praxis der Körperkultur (Themenheft)*, 38.
- ITO, J. P. 2011. Repetition without Repetition: Bernsteinian Perspectives on Motor Learning for Musicians. *College Music Symposium*, 51.
- KORNILOV, N. 1926. Учебник психологии, изложенной с точки зрения диалектического материализма (Lehrbuch der Psychologie in Bezug auf dialektischen Materialismus). 245.
- KREPS, E. M. 1989. *О прожитом и пережитом (Über das Gelebte und Erfahrene)*, Moskau.
- KURSELL, J. 2006. Piano Mecanique and Piano Biologique: Nikolai Bernstein's Neurophysiological Study of Piano Touch. *Configurations*, 14, 245-273.
- KUSSMANN, T., KÖLLING, H. 1971. Vorwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag.
- LATASH, M. L. 1996. N.A. Bernstein: The Reformer of Neuroscience *Dexterity and its Development*. L. Erlbaum Associates.
- LATASH, M. L. 1997. Motor Control - Finally a Journal for All of Us. *Motor Control*, 1.
- LATASH, M. L. 1998a. *Progress in Motor Control: Bernstein's traditions in movement studies*, USA, Human Kinetics.
- LATASH, M. L. 2005. A new biography of Nikolai Bernstein. *Motor Control*, 9, 1-2.
- LATASH, M. L. 2010. Biography of Mark Latash. *Journal of Human Kinetics*, 24, 5-6.
- LATASH, M. L., DANION, F., SCHOLZ, J.F. 1998b. Coordination of Multielement Motor Systems Based on Motor Abundance. In: LATASH, M. L., LEVIN F. (ed.) *Progress in Motor Control: Effects of age, disorder, and rehabilitation*. United States of America: Human Kinetics.
- LEONTJEW, A. N. 1982. Tätigkeit, Bewusstsein, Persönlichkeit. *Studien zur Kritischen Psychologie, Köln*.
- LEONTJEW, A. N., LURIA, A. 1971. Geleitwort. *Biologie und Verhalten*. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber Verlag.
- LEVIN, M. 2014. The Bernstein Prize. *Motor Control*, 18, 327-330.

- LEWIN, W. 2005. Человек, разгадавший тайну живого движения (Der Mensch, welcher das Rätsel der lebenden Bewegung gelöst hat). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 10.
- LOOSCH, E. 2012a. Geschichte der deutschen Bernstein Rezeption von 1952 bis zur Gegenwart. *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportwissenschaft e.V.*, 15, 45-53.
- LOOSCH, E. 2012b. N.A. Bernstein und die Theorie bedingter Reflexe Pawlows: Nachträge zu einer Biographieforschung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge (LSB)*, 1, 100-125.
- LOOSCH, E. 2012c. *Nikolai Alexandrowitsch Bernstein. Notizen zum Leben und Werk*, Berlin, LIT-Verlag.
- MARANTZ-HENING, R. 2011. *The Life and Legacy of Paul de Kruif* [Online]. Available: <http://aliciapatterson.org/stories/life-and-legacy-paul-de-kruif> [Accessed 20.05.2019].
- MARGOLINA, S. 1992. *Das Ende der Lügen*, Berlin: Siedler.
- MEIJER, O. G. 2000. Bernstein's Failure to Join the Space Race: His Commentary on Tsiolkovskii's "Mechanics in Biology" (1964). *Motor Control*, 4, 262-272.
- MEIJER, O. G., BONGAARDT, R. 1998a. Bernstein's last paper: The immediate task of neurophysiology in the light of the modern theory of biological activity. *Motor Control*, 2, 2-9.
- MEIJER, O. G. & BRUIJN, S. M. 2007. The Loyal Dissident: N.A. Bernstein and the Double-Edged Sword of Stalinism. *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 206-224.
- MEIJER, O. G., WAGENAAR, ROBERT C. 1998b. Bernstein's Rejection of Braune & Fischer: Studies on the Physiology and Pathology of Movements (1936). *Bernstein's Heritage*. Human Kinetics.
- MOSKVA 1.1925(1927)-5.1929(1931). *Ežegodnik Gosudarstvennoj Central'noj Knižnoj Palaty RSFSR : kniga v ... godu. Sistematičeskij ukazatel' knig*.
- MOSKVA 1.1926-4.1929. *Žurnal'naja letopis' Gosudarstvennoj Central'noj Knižnoj Palaty RSFSR*, Kniznaja Palata.
- MOSKVA 5.1930-12.1937. *Žurnal'naja letopis' : organ gosudarstvennoj bibliografii / Gosudarstvennaja Central'naja Knižnaja Palata RSFSR*, Moskva: Kniznaja Palata.
- MOSKVA 13.1938-27.1952; 1953-2014. *Letopis' žurnal'nych statej : gosudarstvennyj bibliografičeskij ukazatel' Rossijskoj Federacii / Rossijskaja Knižnaja Palata*, Moskva: Izd. Kniznaja Palata.
- MOSKVA 15.1921-19,1925. *Knižnaja letopis' Rossijskoj Central'noj Knižnoj Palaty pri Gosudarstvennom izdatel'stve*, Moskau, Kraus
- MOSKVA 19.1925-23.1929. *Knižnaja letopis' Gosudarstvennoj Central'noj Knižnoj Palaty RSFSR*, Moskau, Kraus (Reprint 1964).
- MOSKVA 1935(1936);1941(1950)-1956. *Ežegodnik knigi SSSR : sistematičeskij ukazatel' / Ministerstvo Kul'tury SSSR, Vsesojuznaja Knižnaja Palata, Komitet po Pečati, Sovet Ministrov SSSR*.
- MOSKVA 1957(1958)-1991(1994). *Ežegodnik knigi SSSR : sistematičeskij ukazatel' / Rossijskaja Knižnaja Palata*.
- MOSKVA 1964. *Knižnaja letopis' Moskva : gosudarstvennyj bibliografičeskij ukazatel' Rossijskoj Federacii / Rossijskaja Knižnaja Palata*. Kraus Ltd.
- MOSKVA 1978-1992. *Knižnaja letopis' / Naučno-Proizvodstvennoe Ob"edinenie Vsesojuznaja Knižnaja Palata*, Moskau.
- NAIJDIN, V. I. 1976. Чудо, которое всегда с тобой (Das Wunder, welches immer bei Dir ist). *Наука и жизнь (Wissenschaft und Leben)*, 6.
- PASTERNAK, B. 1956. It is not seemly to be famous. In: SLATER, L. P. (ed.).

- PEOPLES.RU. 2011. *Крикор Кекчев* (*Krikor Kekcheev*) [Online]. Available: https://www.peoples.ru/science/psychology/krikor_kekcheev/ [Accessed 20.08. 2017].
- PETROVSKI, A. V. 1979. Chelpanov, Georgii. *The Great Soviet Encyclopedia*. 3 ed.
- PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975a. *Bewegungsphysiologie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
- PICKENHAIN, L., SCHNABEL G. 1975b. Chronologisches Verzeichnis der Publikationen N.A. Bernsteins. *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- RAEHLMANN, I. 2005. *Arbeitswissenschaft im Nationalsozialismus - Eine wissenschaftsoziologische Untersuchung*, Wiesbaden, Springer Verlag.
- ROBY-BRAMI, A. G., RÉMI. 2010. A historical perspective on learning: the legacy and actuality of I. M. Pavlov and N. A. Bernstein. Available: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01383006/file/Bernstein_Pavlov_preproof.pdf.
- RODE, O. 2015. *Russisches Leben: Geschichten aus Russland*, Bayreuth, Verlag Kern.
- ROSENTHAL, H. 1906. Bernstein, Nathan Osipovich. *Jewish Encyclopedia*.
- ROTHSCHUH, K. E. 1953. *Geschichte der Physiologie*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag.
- RSL. 2019. *Российская государственная библиотека RSL (Russian State Library)* [Online]. Available: <https://www.rsl.ru/> [Accessed 15.07. 2019].
- SAUERLAND, P. D. D. 2019. *Dialektischer Materialismus* [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dialektischer-materialismus-29032/version-252652> [Accessed 02.02. 2019].
- SECHENOV, I. 1964. *Reflexes of the Brain – An Attempt to Establish the Physiological Basis of Psychological Processes*.
- SIROTKINA, I. 1995. N.A. Bernshtein: The Years Before and After the "Pavlov Session". *Russian Studies in History*, 34, 24-36.
- SIROTKINA, I. 1999. Nicolas Bernstein: un physiologiste, figure de proue de la psychologie russe? *Bulletin de psychologie*, 52, 481-490.
- SIROTKINA, I. 2006. When did "scientific psychology" begin in Russia? *Physis: rivista internazionale die storia della scienza*, 43, 239-71.
- SIROTKINA, I. 2009. The ubiquitous reflex and its critics in post-revolutionary Russia. *Ber Wiss*, 32, 70-81.
- SIROTKINA, I. 2014. Ad marginem: The Controversal History of Nikolai Bernstein's Book: "Contemporary Inquiries into the Physiology of the Nerval Process". In: LOOSCH, E., COURT, J., MÜLLER, A. (ed.) *Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Geschichte der Sportmedizin E.V.* Münster: Lit Verlag.
- SIROTKINA, I. M. 1994. От реакции к живому движению: Н. А. Бернштейн в Психологическом институте двадцатых годов (Von der Reaktion zur lebendigen Bewegung: N. A. Bernstein am Psychologischen Institut der zwanziger Jahre). *вопросы психологии (Fragen der Psychologie)*, 4, 16-27.
- SPEKTRUM. 2000a. *Dominante* [Online]. Leipzig: Spektrum Akademischer Verlag. Available: <http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/dominante/2944> [Accessed 23.05. 2019].
- SPEKTRUM. 2000b. *Feigenberg* [Online]. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Available: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/feigenberg/3971> [Accessed 01.05. 2018].
- SPEKTRUM. 2000c. *Pädologie* [Online]. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Available: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/paedologie/11087> [Accessed 20.02.2020 2020].

- STUART, D. G., SCHAEFER, A. T., MASSION, J., GRAHAM, B. A. & CALLISTER, R. J. 2014. Pioneers in CNS inhibition: 1. Ivan M. Sechenov, the first to clearly demonstrate inhibition arising in the brain. *Brain Research*, 1548, 20-48.
- THOLEY, P. 1980. Gestaltpsychologie. In: ASANGER, R. W., G. (ed.) *Handwörterbuch der Psychologie*. Weinheim/Basel: Beltz.
- TICHONIN, V. 2017. *Обучение двигательным действиям спортсменов в прыжках в высоту (Training der motorischen Handlungen von Athleten im Hochsprung)*, Litres.
- TROTZKI, L. 2006. *Stalin: Eine Biographie*, Köln, Kiepenheuer & Witsch.
- UKHTOMSKY, A. A. 1966. *Доминанта (Dominante)*, Moskau, Nauka Press.
- URBIG, D. 2001. *Norbert Wiener (1894-1964)* [Online]. Available: <http://www.diemo.de/projects/nwiener/nwiener.pdf> [Accessed 23.05 2019].
- VEITH, H. 2001. *Das Selbstverständnis des modernen Menschen*, Frankfurt, Campus Verlag.
- VERESOV, N. 2006. Guest Editor's Introduction: Nikolai Bernstein: The Physiology of Activeness and the Psychology of Action. *Journal of Russian & East European Psychology*, 44, 3-11.
- WAGENAAR, R. C., MEIJER, O.G. 1998. Bernstein's Revolution in Movement Medicine: Coordination Disorders and the Recovery of Walking Biodynamics After Cerebrovascular Injuries (1954). *Motor Control*, 2, 181-188.
- WERANI, A. 2011. Die Entstehung der neuen sowjetischen Psychologie. *Inneres Sprechen - Ergebnisse einer Indziensuche*. Berlin: ICHS International Cultural-historical Sciences.
- WIKIPEDIA. 2016a. *Iwan Michailowitsch Setschenow* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Iwan_Michailowitsch_Setschenow&oldid=171560765 [Accessed 12.07 2017].
- WIKIPEDIA. 2016b. *Jules Ladoumègue* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Jules_Ladoum%C3%A8gue&oldid=155881976 [Accessed 21.07. 2018].
- WIKIPEDIA. 2016c. *Геллерштейн, Соломон Григорьевич (Gellershtein, Solomon Grigorevich)* [Online]. Available: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=82585097> [Accessed 06.06 2017].
- WIKIPEDIA. 2017a. *Alexander Romanowitsch Luria* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Alexander_Romanowitsch_Lurija&oldid=169065980 [Accessed 01.12. 2017].
- WIKIPEDIA. 2017b. *Christian von Ehrenfels* [Online]. [Accessed 01.02 2018].
- WIKIPEDIA. 2017c. *Egon Petri* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Egon_Petri&oldid=172881608 [Accessed 08.07. 2017].
- WIKIPEDIA. 2017d. *Georgy Znamensky* [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Georgy_Znamensky&oldid=807322575 [Accessed 10.02. 2018].
- WIKIPEDIA. 2017e. *Konstantin Nikolajewitsch Igumnov* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Konstantin_Nikolajewitsch_Igumnov&oldid=164949153 [Accessed 07.07 2017].
- WIKIPEDIA. 2017f. *Sergei Natanowitsch Bernstein* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sergei_Natanowitsch_Bernstein&oldid=169740450 [Accessed 21.02. 2018].
- WIKIPEDIA. 2017g. *Бернштейн, Александр Николаевич* [Online]. Available: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=89780834> [Accessed 21.12. 2017].

- WIKIPEDIA. 2017h. *Корнилов, Константин Николаевич (Kornilov, Konstantin Nikolajewitsch)* [Online]. Available: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=86018294> [Accessed 20.07 2017].
- WIKIPEDIA. 2018a. *Charles Scott Sherrington* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Scott_Sherrington&oldid=173632553 [Accessed 07.06. 2018].
- WIKIPEDIA. 2018b. *Geschichte der Sowjetunion* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geschichte_der_Sowjetunion&oldid=173163078 [Accessed 21.11. 2018].
- WIKIPEDIA. 2018c. *Israel Moissejewitsch Gelfand* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Israel_Moissejewitsch_Gelfand&oldid=174196323 [Accessed 20.05. 2019].
- WIKIPEDIA. 2018d. *Lew Semjonowitsch Wygotski* [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lew_Semjonowitsch_Wygotski&oldid=173724974 [Accessed 07.07. 2018].
- WIKIPEDIA. 2018e. *Stalinpreis* [Online]. Wikipedia, die freie Enzyklopädie. Available: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Stalinpreis&oldid=173200987> [Accessed 20.02. 2018].
- WIKIPEDIA. 2019a. *Alexei Ukhtomsky* [Online]. Wikipedia, The free Encyclopedia. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Alexei_Ukhtomsky&oldid=901165050 [Accessed 27.06. 2019].
- WIKIPEDIA. 2019b. *Anatoli Georgijewitsch Iwanow-Smolenski* [Online]. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Available: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Anatoli_Georgijewitsch_Iwanow-Smolenski&oldid=178387306 [Accessed 26.06. 2019].
- WIKIPEDIA. 2019c. *Intelligenzija* [Online]. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Available: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligenzija&oldid=184988587> [Accessed 14.06. 2019].
- WILLMANN-INSTITUT 1972. Kybernetik. *Lexikon der Pädagogik*. Wien: Ehrenwirth Verlag.
- ZFL. *Gäste - Dr. Irina Sirotkina* [Online]. Available: <http://www.zfl-berlin.org/person/sirotkina.html> [Accessed 20.07. 2018].
- ZUEVA, E., ZUEV K. 2015. The Concept of Dominance by A.A. Ukhtomsky and Anticipation. In: NADIN, M. (ed.) *Anticipation: Learning from the Past*. Springer International Publishing.
- ИТАР-ТАСС. 2019. *Российская книжная палата* [Online]. Available: <http://gbu.bookchamber.ru/index.html> [Accessed 15.07 2019].