

WOLFGANG | SCHÖLLHORN

Komplexe Bewegungskoordination systemdynamisch betrachtet

1 Intuitionen und Probleme in Bernsteins Arbeiten

Die lange Zeit in Vergessenheit geratenen, jedoch durch ungewöhnlichen Weitblick charakterisierten Ideen und Arbeiten Bernsteins erfahren mit dem Aufkommen des systemdynamischen Ansatzes um Haken, Kelso und Turvey (HAKEN u.a. 1985) eine Art Renaissance. Vor allem Probleme der komplexen Bewegungskoordination wie sie im Alltag und beim Sport auftreten, treffen bei der Analyse mittels klassisch reduktionistischer Ansätze auf größere Schwierigkeiten.

Beeinflusst durch die ganzheitliche Betrachtungsweise der Gestaltpsychologie betont Bernstein schon früh die Notwendigkeit einer systemischen Betrachtungsweise menschlicher Bewegung:

„... gerade dieser ganzheitliche Charakter der Bewegung ist das typischste Merkmal für das, was wir unter Bewegungskoordination verstehen“ (BERNSTEIN 1988, 71/1935).

„Es ist klar, daß die Koordination nicht so sehr durch den unterschiedlichen Charakter der einzelnen Impulse bestimmt wird, als vielmehr durch den Systemcharakter ihrer gemeinsamen Aktion und ihrer gegenseitigen Beeinflussung“ (BERNSTEIN 1988, 77/1940).

So kommt es bereits 7 bzw. 12 Jahre vor McCULLOCH u.a. (1943), WIENER (1948) und SHANNON (1948) erstmalig zur Formulierung von Grundprinzipien selbstregulierender Systeme für das motorische System durch Bernstein in seinem Werk über *„Das Problem der Wechselbeziehung zwischen Koordination und Lokalisation“* (1935).

Die mittlerweile allgemein formulierte Systemtheorie wird heute neben der Informationstheorie als ein Gegenstandsgebiet der Kybernetik betrachtet. Alle drei Gebiete sind grundlegend durch Interdisziplinarität charakterisiert. Im Unterschied zu allgemein üblichen interdisziplinären Ansätzen, bei denen zur Erklärung von Beobachtungen über die eigene Wissenschaftsdisziplin hinausgehende zusätzliche Erkenntnisse aus anderen Disziplinen ergänzend herangezogen werden, besteht das Ziel systemtheoretischer Ansätze in erster Linie im Auffinden von system- und disziplinunabhängigen Gesetzmäßigkeiten. Da sich unser Alltagsverständnis für Plausibilität in der Regel nur bei kurzgliedrigen Kausalketten, also bei einfachen Wenn-Dann-Aussagen bewährt (BISCHOF 1995, 107), bildet ein gewisses Maß an mathematischer Abstraktion die Voraussetzung für eine Systemunabhängigkeit. Die Vorteile und Notwendigkeit einer solchen Vorgehensweise wurde auch von Bernstein erkannt.

„Die Strukturelemente der Dynamik des lokomotorischen Aktes lassen sich ohne Zweifel entziffern, wenn man die in ihnen zum Ausdruck kommenden zentral nervalen Prozesse vermittelt eines mehr oder weniger komplizierten Alphabets zu lesen versteht“ (BERNSTEIN 1988, 25/1940).

In bezug auf den systemdynamischen Ansatz in der Bewegungsforschung beschränkt sich hier die Abgrenzung der in Abb. 1 aufgeführten Teilgebieten der Systemtheorie auf die stationäre Systemanalyse. Für weitere Ausführungen zu den anderen Teilgebieten der Systemtheorie sei auf (BISCHOF 1995) verwiesen.

Während sich die stationäre Systemtheorie mit der Analyse von Systemen in quasistabilen Zuständen befaßt und sich damit auf Systeme im Gleichgewicht konzentriert, sind in der dynamischen Systemtheorie vor allem die Übergänge zwischen zwei Zuständen von besonderem Interesse. Die stationäre Systemanalyse untersucht demnach Beziehungen, die sich einstellen, wenn das System hinreichend lange Zeit hatte, zur Ruhe zu kommen. Die dynamische Systemanalyse fragt hingegen nach den sogenannten 'transienten' Prozessen, den Vorgängen in der Übergangsphase (BISCHOF 1995, 108).

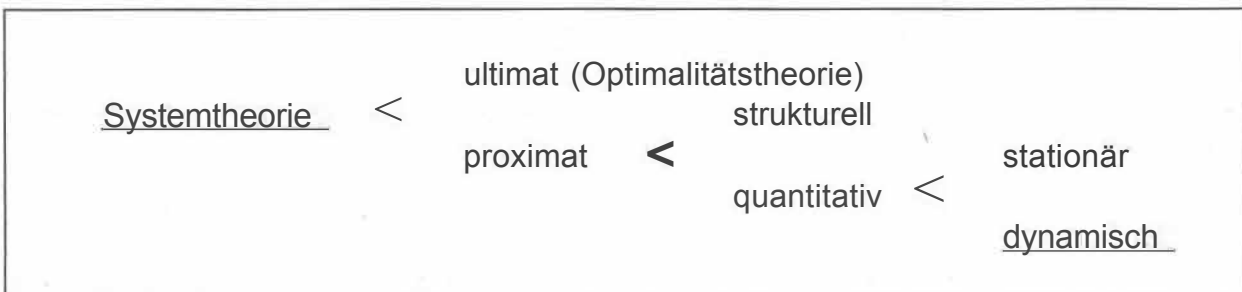


Abb. 1: Teilgebiete der Systemtheorie (mod. nach Bischof 1995)

Neben zahlreichen zukunftsweisenden Arbeiten wies Bernsteins Wirken jedoch methodologisch bedingte Schwierigkeiten und Irrtümer auf. In Anlehnung an gestaltpsychologische Ansätze unterscheidet er zwischen Topologie und Metrik einer Bewegung, wobei der Topologie (Gestalt) 'die Gesamtheit der qualitativen Besonderheiten unabhängig von den metrischen Größen wie der Größe, Form, Umrißgestaltung' usw. zugeschrieben wird. Irrtümlicherweise zieht er jedoch den Schluß

... „Alle Versuche, Unterschiede dieser (topologischen) Art auf quantitative, metrische Merkmale zurückzuführen sind von vornherein zum Mißerfolg verurteilt" (BERNSTEIN 1988, 88/1935).

Ordnen wir die Metrik einfachstrukturierten Bewegungsqualitäten zu und die Topologie komplexstrukturierten so ist diese Aussage unvermeidlich mit einer Vernachlässigung von Bewegungsqualitäten der zweiten Art verbunden, Dabei sind Merkmale wie Bewegungsgeschwindigkeit, Schrittlänge, Bewegungsdauer, Gelenkkraft etc., an ausgewählten Zeitpunkten bzw. über Zeitintervalle gemittelt, *einfachstrukturierten Bewegungsqualitäten* zuzuordnen und Bewegungsklassen (Gehen, Laufen, Werfen, ...), Bewegungsmodi (schleichendes federndes hüpfendes Gehen) und Bewegungsstile (individuelle Ausprägung der B.Klassen und B.modi) den *komplexstrukturierten Bewegungsqualitäten*. Bernstein folgend bliebe daher ein Vergleich der Bewegungsabläufe von Geh- und Laufbewegung oder Sprungbewegung auf die qualitative Ebene beschränkt.

2 Der systemdynamische Ansatz

2.1 Zyklische Bewegungsformen

Erste Ansätze Bewegungstopologien zu quantifizieren werden von HAKEN u.a. (1985) am Beispiel einfacher Handbewegungen vorgenommen. Dabei werden beide Hände gleichzeitig nach links und anschließend gleichzeitig nach rechts mit zunehmender Frequenz bewegt (Anti-Phase). Diese Art der Bewegung kann eine gewisse Zeit beibehalten werden, ändert sich jedoch unwillkürlich bei Erreichen einer bestimmten Frequenz. Oberhalb dieser kritischen Frequenz lassen sich die Hände nicht mehr gleichzeitig abwechselnd auf die eine oder andere Seite bewegen, sondern die Hände bewegen sich nun gegengleich nach innen und außen (In-Phase), d.h. die Hände führen eine qualitativ veränderte Bewegung aus. Beschreiben wir das Verhalten der beiden Hände durch ihren relativen Winkel, so lassen sich grundlegende Phänomene biologischer Systeme beobachten. Zum einen weisen die relativ einfachen zyklischen Bewegungen ständig Schwankungen auf, und zum anderen sind verstärkte Schwankungen vor dem Wechsel in das zweite Muster zu beobachten. Die einfachen Schwankungen können als Fehler des Systems betrachtet werden, mit welchen ausprobiert wird, ob es einen günstigeren (stabileren) Zustand gibt als den bisher eingenommenen. Diese Schwankungen sind bei biologischen Lebewesen als Notwendigkeit und nicht als Fehler zu betrachten, da erst sie eine Anpassung (Lernen) an sich ändernde Umweltbedingungen-erlauben.

Die verstärkten Schwankungen beim Wechsel von einem in den anderen Zustand sind als Instabilität zu betrachten, die meist beim Wechsel zwischen zwei stabilen Zuständen zu beobachten sind. Hält man die Hände nicht mit den Handinnenflächen nach innen, sondern die Handinnenflächen nach unten zeigend, so sind zwar immer noch die ständigen Fluktuationen zu beobachten jedoch keine Phasenübergang mehr (KUGLER u.a. 1987), d.h. das Phänomen ist von den Ausgangsbedingungen (Handhaltung proniert bzw. supiniert) abhängig. Betrachtet man die neurophysiologische Genese in Abhängigkeit von den Tätigkeiten (HEBB 1949) so liefern die beiden Experimente Hinweise auf phylo- und ontogenetisch ältere und jünger Muster. Während die Handhaltung mit den Handflächen nach innen (HAKEN u.a. 1985) sehr häufigen kontralateral symmetrischen Alltagsbewegungen (beides Arme werden gebeugt oder gestreckt) entspricht und phylogenetisch jüngeren Datums zuzuschreiben ist, beobachtet man die zweite Handhaltung (KUGLER u.a. 1987) bei der phylogenetisch eher älteren Gangbewegung mit kontralateral asymmetrischer Beuge- und Streckbewegung. Neben dem Vorteil der Analyse zyklischer Bewegungsformen war sich Bernstein auch dem Problem der exakten Reproduktion von Bewegungsabläufen durchaus bewußt:

„Vorzüge, welche die Lokomotion (hier Gehen als zyklische Bewegung; Anm. d. Verf.) als Objekt zum Studium der Bewegungsvorgänge bieten, sind u.a. 1....konstantes Kriterium für die

Unterscheidung des Zufälligen vom Gesetzmäßigen" (BERNSTEIN 1988, 21/1940).

„Ich bezweifle überhaupt, daß man ohne Zirkel und Lineal ein derartiges Objekt in metrisch vollkommener Weise zeichnen kann, d.h. daß die menschliche Motorik überhaupt über eine einigmaßen befriedigende Metrik verfügt" (BERNSTEIN 1988, 88/1935).

Die Systemunabhängigkeit der Phänomene, welche die Dynamik eines Bewegungssystems charakterisieren, wie z.B. Fluktuation, kritische Frequenz, verstärkte Fluktuation und Phasenübergang, ist inzwischen durch die Übertragung auf andere Bewegungssysteme gezeigt worden. Analoge Systemverhalten sind sowohl auf EMG- (KELSO 1995) und ZNS-Ebene (FUCHS u.a. 1992) als auch auf verschiedenen Mehrgelenkebenen (zyklische Hand-Ellbogen- (KELSO u.a. 1991), Arm-Beinbewegungen (KELSO/JEKA 1992) zu beobachten ab einer kritischen Bewegungsfrequenz nehmen die Schwankungen zunächst deutlich zu und oberhalb dieser Frequenz 'kippt' das Bewegungsmuster von einem weniger stabilen in einen stabileren Zustand. Daß die stabilen Muster erfahrungsabhängig sind, konnte an Lernexperimenten gezeigt werden. Dabei wurde durch Lernen eines bisher nicht stabilen Bewegungsverhaltens nicht nur der neue Rhythmus stabiler, sondern es verschoben sich auch die Phasenlagen der vorher stabilen Bewegungsmuster entsprechend einer Potentialüberlagerung (SCHÖNER u.a. 1992).

2.2 Azyklische (ballistische) Bewegungsformen

Die Übertragung des systemdynamischen Ansatzes auf azyklische Bewegungsformen wurde vom Autor (SCHÖLLHORN 1995) vorgenommen. Exemplarisch wurde eine großmotorische komplexe Bewegung ausgewählt deren Dauer ca. 200ms beträgt. Bei dieser Dauer kann davon ausgegangen werden, daß es während der Bewegung zu keinen Bewegungskorrekturen aufgrund sensorischer Rückmeldungen kommt, d.h. die Bewegung ist im voraus zu planen. Von speziellem Interesse bei der Untersuchung war die Veränderung des Bewegungsmusters während eines einjährigen Lernprozesses. Hierzu wurde die Diskuswurfbewegung (zweistützige Abwurfphase) von einem Zehnkämpfer und einem Diskuspezialisten (beide nationales Niveau) sowohl im Training als auch in Wettkämpfen über die Dauer eines Jahres mittels 3D-Hochfrequenzfilmkameras (200Hz) aufgenommen. Die Bewegungsbeschreibung erfolgte anhand sämtlicher Winkel- und Winkelgeschwindigkeiten der Hauptkörpergelenke sowie der Rumpflageachse.

Zur Analyse der wechselseitigen Abhängigkeit von Metrik und Topologie der Bewegung wurden anhand der Merkmals-Zeit-Verläufe drei Merkmals-Kategorien abgeleitet, die Analogien zu Wahrnehmungsprinzipien der Gestaltpsychologie aufweisen: ANFANGS-, UMFANGS- und VERLAUFskategorie (Abb. 2).

Dabei kann der Anfangswert eines Merkmals-Zeit-Verlaufs sowie die Differenz der maximalen und minimalen Merkmalsausprägung im beobachteten Zeitabschnitt der Metrik und der Verlauf der Topologie zugeordnet werden. Die ANFANGsausprägung des Merkmals entspricht in der visuellen Wahrnehmung dann dem Ort, der UMFANG der Größe und der VERLAUF der Bewegungsgestalt.

Zur Analyse der wechselseitigen Abhängigkeit von Metrik und Topologie im Lernprozeß waren, in Analogie zur Mustererkennung, sämtliche Bewegungen auf eine Referenzbewegung relativiert worden. Während die metrischen Merkmale durch den Betrag der Differenz der Z-Werte als Maß der Ähnlichkeit zum Referenzmuster herangezogen wurde, erfolgte die Verlaufsrelativierung auf Ähnlichkeit anhand

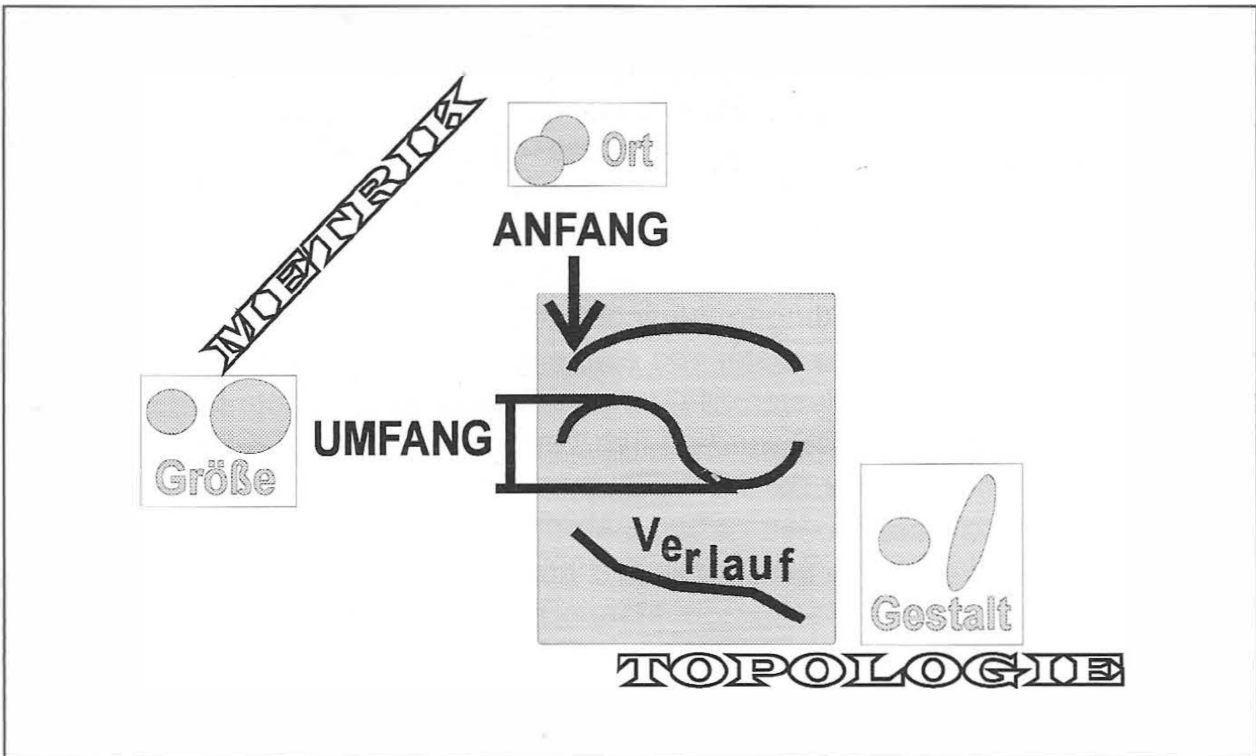


Abb. 2: Merkmalskategorien und ihre Wahrnehmungspsychologischen Entsprechungen

orthogonaler Referenzfunktionen. Ein Vorteil der Relativierung mittels Ähnlichkeit gegenüber der relativen Phase bei zyklischen Bewegungen liegt in ihrer Generalisierung für Bewegungen des Menschen, d.h. das Ähnlichkeitsmaß impliziert die relative Phase und ist durch eine streng lineare Transformation zu überführen. Ein anderer Vorteil besteht in der Entsprechung der Ähnlichkeit als Ordnungsparameter zu neurophysiologischen Strukturierungsgrößen: In bezug auf Plastizität und Ausbildung neuronaler Verbindungen wird in Anlehnung an HEBB (1949) und von der MALSBERG (1981) der Koinzidenz neuronaler Signale strukturbildender Einfluß zugeschrieben. Betrachten wir die Ähnlichkeitsverläufe der beiden Athleten im Laufe des einjährigen Lernprozesses in Abb. 3, so sind vor allem beim Zehnkämpfer Unterschiede in der Metrik und Topologie augenfällig. Bezüglich aller Winkelmerkmale zeigt der Zehnkämpfer als weniger fortgeschrittener Athlet während des gesamten Beobachtungszeitraums Schwankungen um einen Mittelwert. Gleiches Verhalten zeigt der Spezialist in den Anfangs- und Umfangszeitreihen, wobei nur der Referenzversuch mit einer Identität herausragt. Deutliche Unterschiede hingegen sind bei der Verlaufs-Zeitreihe des Spezialisten zu beobachten. Hier lassen sich die ersten drei und die letzten fünf Versuche disjunkt trennen. Da die Versuchsnummern auch der zeitlichen Reihenfolge entsprechen, kann in diesem Fall von einem überdauernden Lerneffekt ausgegangen werden. Auffallend ist hier, daß dieser Lerneffekt nur in der Verlaufskategorie zu diagnostizieren ist, nicht jedoch in den klassisch abgeleiteten zeitdiskreten Merkmalskategorien. Da es sich um eine Änderung in der Verlaufscharakteristik handelt, ist von einer Änderung in bezug auf komplexstrukturierte Bewegungsqualitäten auszugehen, d.h. der Spezialist hat innerhalb des Jah-

res seine Technik zeitlich überdauernd verändert. Im Unterschied hierzu zeigt der Zehnkämpfer zwar Schwankungen, die ein 'Ausprobieren' widerspiegeln, diese reichen jedoch nicht aus, um die Bewegungstechnik bleibend zu verändern.

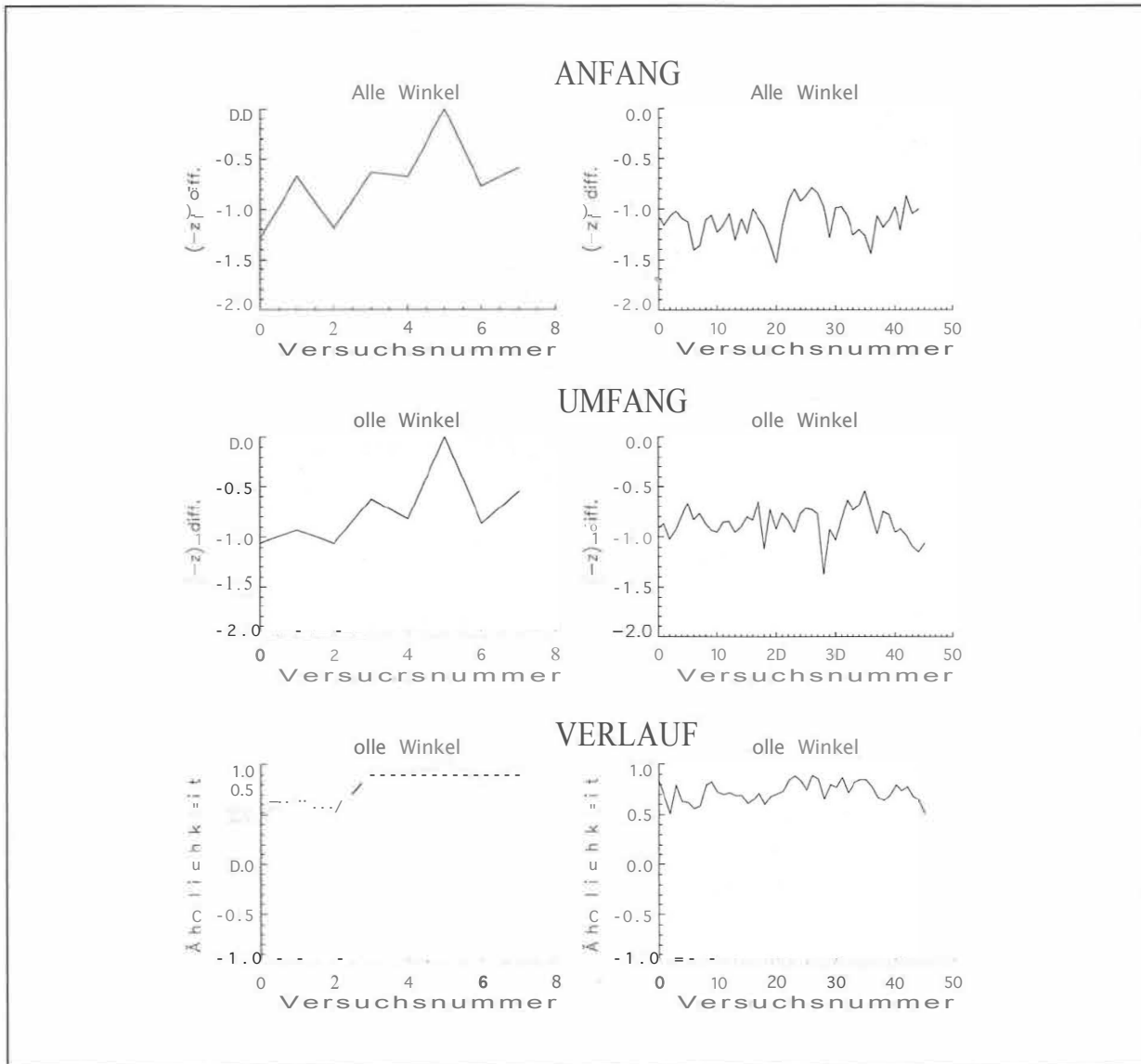


Abb. 3: Ähnlichkeits-Zeitreihen der drei Merkmalskategorien während eines einjährigen Lernprozesses (Linke Spalte: Spezialist; rechte Spalte: Zehnkämpfer).

Kreuzkorrelationen zwischen den Zeitreihen der Merkmalskategorien weisen zusätzlich auf eine Entkopplung von 'Anfangs'-position und Verlaufscharakteristik im Laufe des Lernprozesses hin. Während der Zehnkämpfer als weniger Fortgeschrittener eine hohe Zahl an hochsignifikanten (h.s.) Korrelationen zwischen Anfangs- und Verlaufs-Zeitreihe aufweist, sind beim Spezialisten keine h.s. Korrelationen mehr zu beobachten, d.h. der Spezialist hat im Laufe seines langjährigen Trainings gelernt, unabhängig von der Ausgangsposition den anschließenden Bewegungsablauf auszuführen. Allgemein liefert diese Entkopplung von Anfang und

Verlauf einen deutlichen Hinweis für die Ausbildung von Invarianten im Laufe eines Lernprozesses und widerspricht damit a priori gegebenen Invarianten.

Trainiert man mit denselben Merkmals-Zeitverläufen ein selbstorganisierendes Neuronales Netz (Kohonen-Karte), das gegenüber den orthogonalen Referenzfunktionen den Vorteil der nicht linearen Klassifikation aufweist, so zeigen sich neben der disjunkten Gruppenbildung beim Spezialisten (ersten drei und letzten fünf Würfe) auch beim Zehnkämpfer zusätzlich tagesabhängige Cluster (Abb. 4, rechts). Die Clusterbildung läßt sich eindeutig unterschiedlichen Trainings- und Wettkampfeinheiten (gestrichelte Trennlinien) zuordnen. Da sich sogar verschiedene Trainingseinheiten gruppieren lassen, kann von Strategien des Zehnkämpfers ausgegangen werden, die Trainingseinheit-abhängig sind. Offensichtlich bevorzugt der Zehnkämpfer, wenn auch unbewußt, in jeder Trainingseinheit unterschiedliche Wurfstrategien. Obwohl die 'Phasenübergänge' beim Zehnkämpfer zwischen den Trainingseinheiten oft größer sind (0.3) als beim Spezialisten zwischen dem dritten und vierten Wurf, ist über das ganze Jahr gesehen kein Lernprozeß zu erkennen, da die Phasenübergänge in beide Richtungen stattfinden.

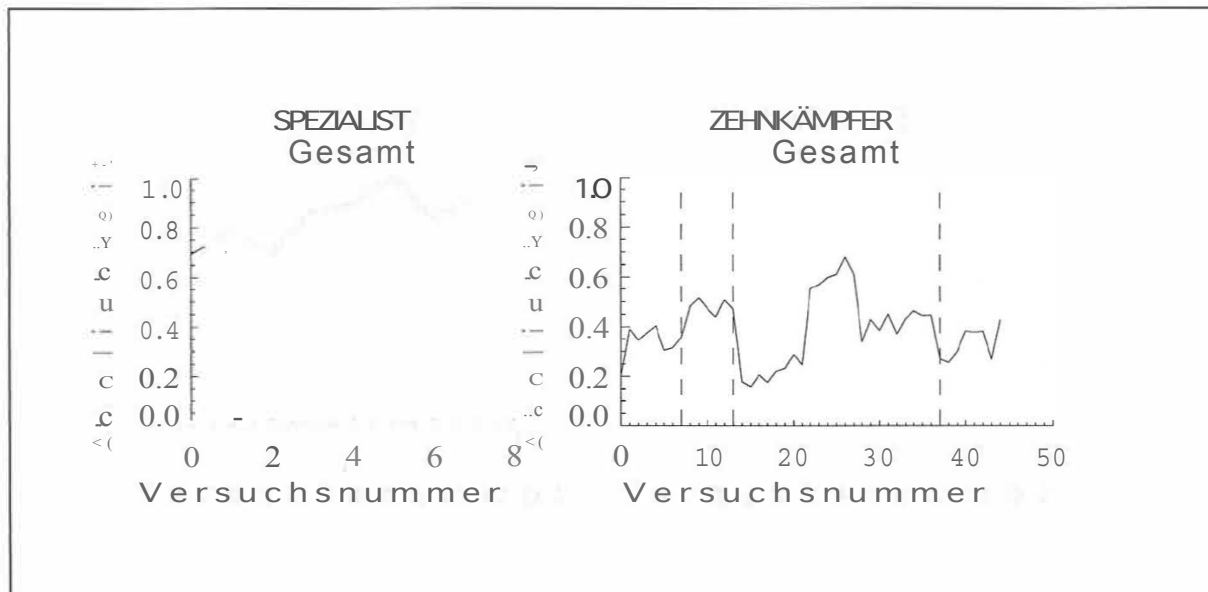


Abb. 4: Ähnlichkeits-Zeitreihe des Spezialisten (links) und Zehnkämpfers (rechts) - mit selbstorganisierendem Neuronalem Netz und Distanz zum Referenzversuch ermittelt

Relativiert man die Bewegungsmuster nicht nur auf einen Referenzversuch, sondern wird jeder Versuch mit jedem verglichen die zugehörige Distanz aufgetragen, so ergibt sich das Distanzgebirge in Abb. 5.

Versuch 1-45 stellen die Würfe des Zehnkämpfers dar, Versuch 46-53 die Wurfversuche des Spezialisten. Die niedrigen Distanzen innerhalb der Würfe des Spezialisten weisen auf eine hohe Konstanz des Bewegungsmusters hin. Hingegen sind die größeren Distanzen innerhalb der Würfe des Zehnkämpfers als große Variabilität zu interpretieren. Die noch größeren Distanzen zwischen den Würfen des Spezialisten und denen des Zehnkämpfers werden in Abb. 5 durch die 'Wand' am hin-

teren Rand gekennzeichnet. Auffallend ist hierbei, daß trotz der kleineren Schwankungen seitens, des Spezialisten eine disjunkte Gruppierung im Lernprozeß zu diagnostizieren ist. Offensichtlich bildet sich im Laufe eines Lernprozesses neben den o.g. Invarianten auch eine wesentlich größere Sensibilisierung zur detaillierteren Differenzierung ähnlicher Bewegungsabläufe heraus.

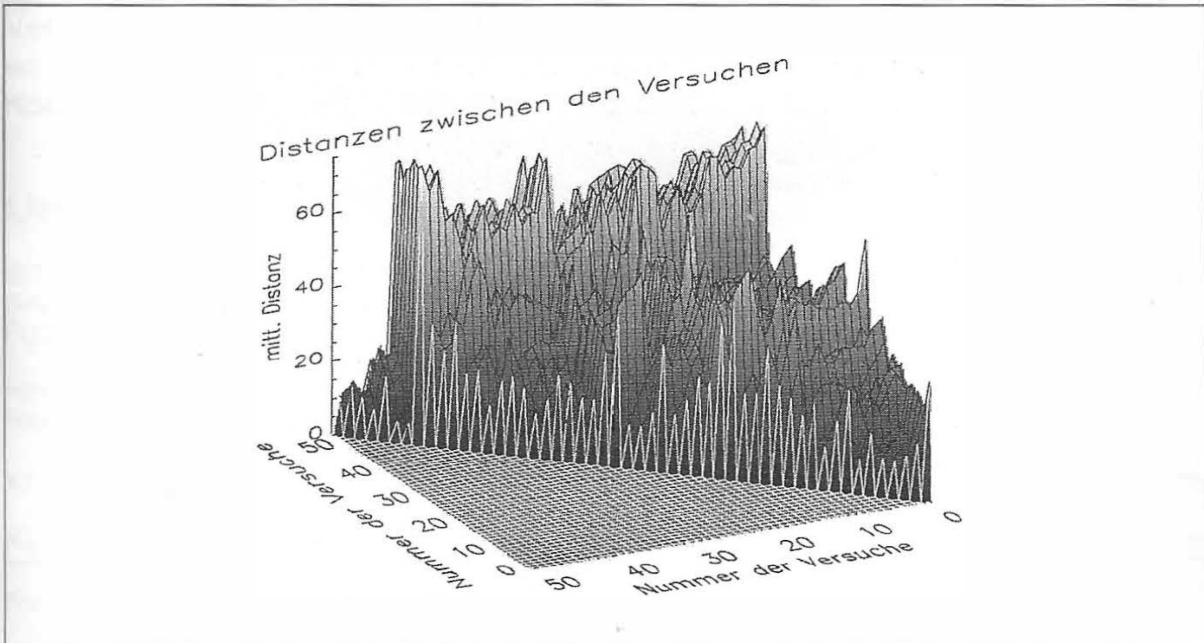


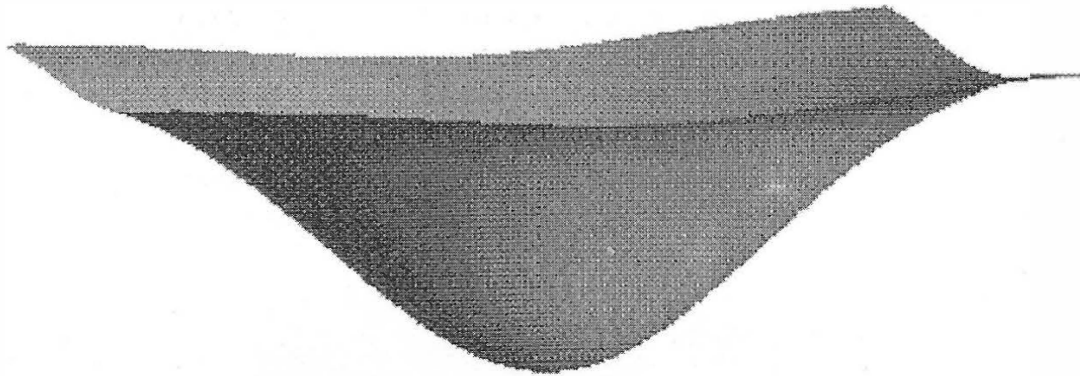
Abb. 5: Distanz-'gebirge' sämtlicher Wurfversuche nach Abbildung mittels selbstorganisierendem Neuronalem Netz

3 Ausblick

In einem weiteren Schritt läßt sich der systemdynamische Ansatz auf ein weiteres System übertragen, nämlich das System der motorischen Ontogenese. Hierzu betrachten wir das o.g. Distanzgebirge als eine Art negative Potentiallandschaft. Während bei Neugeborenen von nahezu ausschließlich unkoordinierten Strampelbewegungen ausgegangen werden kann und diese sich in einem einfachen 'Potentialtopf' abbilden lassen (Abb. 6), weisen ältere Menschen eine Vielzahl an automatisierten Bewegungsformen auf, die einen Wechsel zwischen diesen oft unmöglich machen. Diese Stabilität und gleichzeitige reduzierte Flexibilität spiegelt sich in einer Potentiallandschaft durch die Herausbildung von tiefen Tälern und hohen Spitzen wider (Abb. 7).

Da Gehen beim Menschen eine der ersten erlernten großmotorischen Bewegungsformen darstellt und Gangmuster als sehr stabil angenommen werden können, weist das Potential für diese Bewegungsform das tiefste Tal auf. Andere Bewegungsformen wie Laufen, Springen oder Werfen werden dagegen erst später erlernt bzw. werden im allgemeinen seltener ausgeführt als Gangbewegungen und zeigen daher auch weniger ausgeprägte Stabilität (Täler).

Frühe virtuelle Potentiallandschaft



unkoordinierte Strampelbewegungen

Abb. 6: Virtuelle Potentiallandschaft für das Bewegungsrepertoire eines Neugeborenen

Späte virtuelle Potentiallandschaft

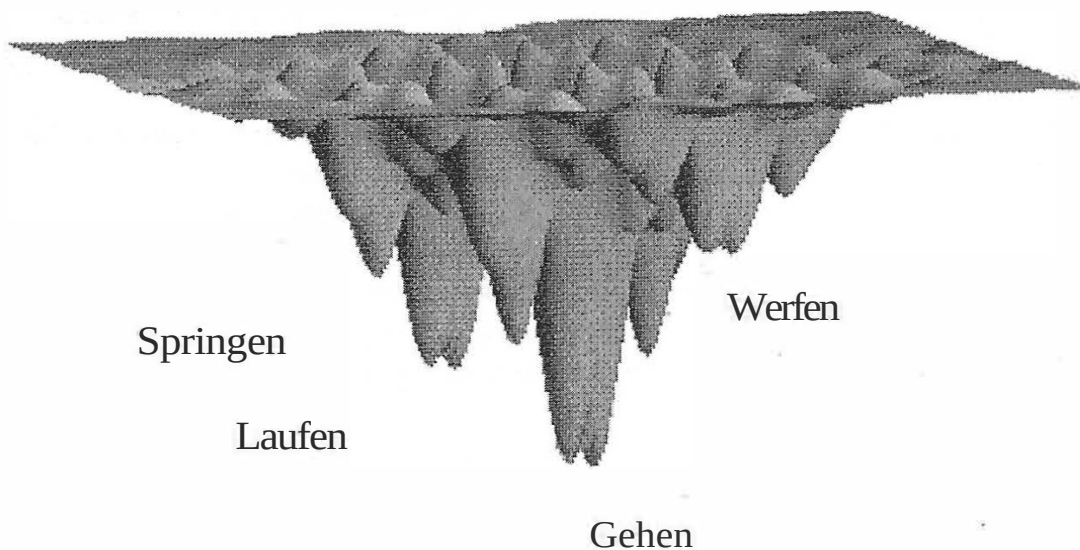


Abb. 7: Virtuelle Potentiallandschaft für das Bewegungsrepertoire einer älteren Person

Überträgt man die Idee der Potentialdarstellung auf den Übungs- bzw. Lernprozeß im Sport oder in der Rehabilitation, so gilt es solche Übungen zu finden, deren Potential in Verbindung mit der bereits vorhandenen individuellen Ist-Potentiallandschaft die beabsichtigte Soll-Potentiallandschaft ergibt. Wesentlich ist hierbei, daß nur die gemeinsame Betrachtung des Potentials der Übung und des individuellen Ist-Potentials einen optimalen Lernerfolg (=Sollpotential) ermöglicht.

Vergleicht man insgesamt den systemdynamischen Ansatz mit den vielen Analogien in Bernsteins Arbeiten, so kann hier von einem der großen Pioniere komplexer Koordinationforschung gesprochen werden.

Literatur

- BERNSTEIN, N.A.: Bewegungsphysiologie. Leipzig 1988
- BISCHOF, N.: Struktur und Bedeutung. Bern 1995
- FUCHS, A./KELSO, J.A.S./HAKEN, H.: Phase transition in the human brain: spatial mode dynamics. In: International Journal of Bifurcation and Chaos 2 (1992), 917-939
- HEBB, D.O.: The organization of behavior. New York 1945
- HAKEN, H./KELSO, J.A.S./BUNZ, H.: A theoretical model of phase transitions in human hand movements. In: Biological Cybernetics 51 (1985), 347-356
- KELSO, J.A.S./BUCHANAN, J.J./WALLACE, S.A.: Orderparameters for the neural organization of single multijoint limb movement patterns. In: Experimental brain research 85 (1991), 432-444
- KELSO, J.A.S./JEKA, J.J.: Symmetry breaking dynamics of human multilimb coordination. In: Journal of Experimental Psychology human perception and Performance 18 (1992), 645-668
- KUGLER, P.N./TURVEY, M.: Information, natural law, and the self assembly of rhythmic movement. Hillsdale, NJ 1987
- McCULLOCH, W.S./PINS, W.: A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. In: Bulletin of mathematical Biophysics 5 (1943), 115-133
- SCHÖLLHORN, W.I.: Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozeß. (Unveröff. Habilitationsschrift). Köln 1995
- SCHÖNER, G./ZANONE, P.G./KELSO, J.A.S.: Learning as Change of coordination dynamics: Theory and Experiment. In: Journal of Motor Behavior 24 (1992), 29-48
- SHANNON, C.E.: A mathematical theory of communication. In: The Bell System Technical Journal 27 (1948), 379-423 und 623-656
- VON DER MALSBURG, C.: The correlation theory of brain function. Internal Report 81-2 Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie. Göttingen 1981
- WIENER, N.: Cybernetics, or, control and communication in the animal and the machine. New York 1948

Die Veranstaltung wurde u.a. unterstützt vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft, der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, der Barmer Ersatzkasse Greifswald, dem Hotel Baltic Zinnowitz, den Werit-Werken Altenkirchen, der Volksbank Greifswald und der SIMI GmbH München.

Redaktion: Frederik Borkenhagen



199.150

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft / Sektion Biomechanik:

... Gemeinsames Symposium der Dvs-Sektionen Biomechanik,
Sportmotorik und Trainingswissenschaft ... - Hamburg : Czwalina
(Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft ; ...)
1 (1995) im Academia-Verl., Sankt Augustin

2. Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ
betrachtet. - 1997

Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ

betrachtet : vom 25. - 27.9.1996 in Zinnowitz / 2. Bernstein-
Konferenz. Peter Hirtz/Franco Nüske (Hrsg.). - Hamburg : Czwalina, 1997
(... Gemeinsames Symposium der Dvs-Sektionen Biomechanik,
Sportmotorik und Trainingswissenschaft ... ; 2) (Schriften der
Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft ; 87)
ISBN 3-88020-305-9

ISSN 1430-2225

ISBN 3-88020-305-9

1. Auflage Hamburg 1997

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck und fotomechanische Vervielfältigung, auch auszugsweise, verboten

© Copyright by Czwalina Verlag

Eine Edition im FELDHAUS VERLAG, Postfach 73 02 40, 22122 Hamburg

Printed in the Federal Republic of Germany

Druck und Verarbeitung: WERTDRUCK, Hamburg

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier