

Delignières, D. & Nourrit, D. (1997). Neuere Entwicklungen und aktuelle Perspektiven der Forschung zum Motorischen Lernen in Frankreich. In G. Treutlein & C. Pigeassou (Eds.), *Sportwissenschaft in Deutschland und Frankreich* (pp. 133-146). Hamburg: Czwalina Verlag.

## **NEUERE ENTWICKLUNGEN UND AKTUELLE PERSPEKTIVEN DER FORSCHUNG ZUM MOTORISCHEN LERNEN IN FRANKREICH**

DIDIER DELIGNIÈRES/DÉBORAH NOURRIT

In den Sportwissenschaften wird häufig nicht klar genug zwischen Theorien zur Bewegungssteuerung und Theorien zum motorischen Lernen bzw. zum Lernen unterschieden. Erstere verweisen auf ein Problem des Erzeugens und Aktualisierens eines Bewegungsablaufs (production -der Handelnde muß eine Fertigkeit bzw. einen Bewegungsablauf aktualisieren, den er zuvor erworben hat), letztere auf ein Problem des Erwerbens & bzw. Aneignens (acquisition). In neueren Aufsätzen weisen einige Autoren nach, daß beide Forschungsrichtungen völlig unabhängig voneinander arbeiten und sich nicht gegenseitig befruchten (NEWELL 1991 ; WHITHNG u.a. 1992).

Im Rahmen dieses Beitrags legen wir den Schwerpunkt auf die Darstellung der jüngsten Entwicklung der Lerntheorien und ihrer Rezeption durch die Sportwissenschaften.

### **1 Zur Stellung der Forschungsarbeiten zum Motorischen Lernen Innerhalb der Sportwissenschaften**

#### *1.1 Übernahmen und Analogien*

Historisch gesehen -und dies trifft insbesondere für die Leibes- und Sporterziehung (Education physique et sportive) zu -wurde das Problem des Motorischen Lernens weitgehend in Anlehnung an Theorien behandelt, die außerhalb der Sportwissenschaft entstanden waren. Es sei hier nur der umfangreiche Rückgriff auf die Entwicklungstheorien PIAGETS oder WALLONS in den 70er Jahren erwähnt (MÉRAND 1970; CARRASCO 1979).

Offensichtlich waren die in jener Zeit zur Verfügung stehenden Lerntheorien in erster Linie solche, bei denen das Konditionieren im Mittelpunkt stand, und somit wenig geeignet, eine humanistisch orientierte Leibeserziehung zu fördern. Zugleich gilt zumindest für Frankreich, daß die Theoretiker der Leibeserziehung bzw. des Schulsports deutlich dazu tendieren, ihre Arbeiten zum Motorischen Lernen kaum an der diesbezüglichen Forschung auszurichten, sondern ihren Überlegungen Analogieschlüsse zu wissenschaftlichen und pädagogisch-didaktischen Ansätzen, die außerhalb der Motorik entstanden sind, zugrunde zu legen.

#### *1.2 Zur Entstehung der Theorien des Motorischen Lernens.*

Erst nach der Entwicklung von kognitivistischen Lernkonzepten und Konzepten zur Bewegungssteuerung kamen spezifische, auf die Motorik und die Bewegung zugeschnittenen Theorien auf. In diesem Zusammenhang hatten die Arbeiten von FAMOSE (FAMOSE u.a. 1983; FAMOSE 1990) entscheidenden Einfluß, sie haben die didaktische Reflexion in der

Leibeserziehung stark geprägt. Jedoch bleibt zu vermuten, daß die Begeisterung für kognitivistische Theorien nicht von ungefähr kam: Die Vorstellung, daß die Motorik von Informationsverarbeitung abhängig ist, also von mehr oder weniger verstandesmäßig gesteuerten Handlungsabläufen bzw. sogar von intelligenten Operationen, stimmte mit dem Bild überein, das die Leibeserziehung von sich zu geben versuchten (DELIGNIÈRES 1991).

Trotzdem war die Übernahme von Theorien zum Motorischen Lernen begrenzt, oft lief sie sogar schief. Drei Hinweise führen zu dieser Behauptung:

-Anscheinend werden die Lerntheorien nur zu einer a-posteriori-Begründung didaktischer Entscheidungen, die eher auf ideologischen Setzungen als auf wissenschaftlich erarbeiteten Grundlagen beruhen, verwendet.

- Arbeiten zum Motorischen Lernen sind sowohl in Frankreich als auch im Ausland relativ selten. Forschung findet vorwiegend zu Fragen der Bewegungssteuerung statt; Überlegungen zum Lernen sind oft nur Nebenprodukte im Zusammenhang mit Steuerungstheorien.

- Im internationalen Raum werden kognitive Theorien immer mehr in Frage gestellt, vor allem auch seit dem Auftreten dynamischer Theorieansätze. Hier spielen übrigens einige französische Forschungsgruppen eine führende Rolle. Allerdings werden vor allem im Bereich des Lernens diese neuen Ansätze noch wenig rezipiert.

In der Folge sollen wesentliche Annahmen der wichtigsten theoretischen Ansätze zum Lernen, Entwicklungen im theoretischen Bereich und Perspektiven beschrieben werden.

## **2 Der kognitivistische Ansatz**

Dieser Ansatz geht davon aus, daß motorische Leistung das Ergebnis eines Informationsverarbeitungsprozesses ist: Über Wahrnehmungsvorgänge werden Informationen aufgenommen, anschließend verarbeitet, mit anderen im Gedächtnis gespeicherten Informationen verglichen, angereichert und in Handlungsabsichten und Informationen zur Handlungsausführung für das ausführende System umgewandelt. Die raum-zeitliche Organisation der Bewegungshandlung (Bewegungskoordination) wird dabei durch Vorstellungen geleitet: durch Bewegungsentwürfe.

Mit seiner „Theorie Generalisierter Motorischer Programme“ leitete SCHMIDT (1982) eine entscheidende Etappe für die Entwicklung kognitivistischer Theorien zum Motorischen Lernen ein. Bis dahin nahm man an, daß Lernen auf den Aufbau spezifischer Entwürfe abzielt. Diese Konzepte enthielten ein großes Problem: die Speicherung (die Zahl der im Gedächtnis zu speichernden Entwürfe wurde nämlich sehr schnell sehr groß). SCHMIDT ging dagegen davon aus, daß das handelnde Subjekt nicht ein umfangreiches Programm speichert (d.h. alle spezifischen Anweisungen zur Mobilisierung der an der Handlung beteiligten Muskeln), sondern nur eine globale Bewegungsstruktur, vorwiegend mit einem rhythmischen Aufbau. Diese Konzeption setzt allerdings voraus, daß der Handelnde vor der eigentlichen Handlung auf der Grundlage dieser zeitlichen Struktur einen durchführbaren Bewegungsentwurf entwickelt.

Aus dieser Sicht besteht Lernen aus einer ständigen Verfeinerung aller Informationsverarbeitungsprozesse. Der Handelnde lernt, schnell und genau die relevanten Elemente einer Situation zu identifizieren, die angemessene Handlung dafür zu finden, die Parameter des Generalisierten Programms den aktuellen Anforderungen der Aufgabe anzupassen und während der Handlungsausführung Fehler zu korrigieren.

## 2.1 Abhängige Variablen und verwendete Aufgaben

Wenn Leistung maßgeblich durch die Informationsverarbeitung beeinflusst wird, dann muß es einen Zusammenhang zwischen der Dauer der Informationsverarbeitung und der Aufgabenschwierigkeit geben. Die zur Bestimmung der Leistung hauptsächlich benutzten abhängigen Variablen sind deshalb zeitlicher Natur: Reaktionszeit oder Bewegungszeit. Mehrere Arbeiten führten auch die Fehlerhäufigkeit an, d.h. den Abstand zwischen der angestrebten und der tatsächlichen Leistung. Die Fehlerhäufigkeit wurde als Beleg für nicht ausreichende Zeit genommen (die Differenz zwischen der Zeit, die für eine optimale Informationsverarbeitung notwendig gewesen wäre, und der Zeit, die tatsächlich hierfür vorhanden war).

Die Art dieser Variablen war ausschlaggebend für die Auswahl der Aufgaben, die bei solchen Untersuchungen eingesetzt wurden. Bei vielen Arbeiten wurden Reaktionszeitaufgaben verwendet; dabei mußten die Versuchspersonen relativ einfache Reaktionen beim mehr oder weniger wahrscheinlichen Auftreten von akustischen oder visuellen Signalen zeigen. Bei anderen Untersuchungen wurden relativ simple Aufgaben benutzt, z.B. Punkte erzielen, sich auf einer Linie aufstellen, Bälle oder Pfeile werfen, d.h. Aufgabenstellungen, bei denen die Abweichung zu einer vorgegebenen Zielsetzung gut gemessen werden kann.

## 2.2 Lernphasen

Die Kognitivisten beschreiben das Lernen als eine Abfolge von Phasen. Im allgemeinen bestimmt der Einsatz bewußter kognitiver Prozesse die *erste Phase*: Das Subjekt versucht, die Zielsetzung der Aufgabe zu erfassen und eine passende Antwort dazu zu entwerfen. Auf dieser Stufe sind die Anforderungen an die Aufmerksamkeit sehr hoch. Jede Ablenkung zieht eine nachhaltige Leistungsbeeinträchtigung nach sich. Ergebnis dieser ersten Phase ist die Grobform des Bewegungsentwurfs, die dem Subjekt eine erste, zwar noch grobe und unvollständige Aufgabenbewältigung ermöglicht, die dennoch zunächst einmal den Anforderungen der Aufgabe entspricht.

Die *zweite Phase* ist durch die progressive Verfeinerung des Bewegungsentwurfs gekennzeichnet. Der Handelnde verbessert die zeitlichen Abläufe der Handlung (timing) und eliminiert Überschuß-Bewegungen. Parallel dazu kann eine progressive Automatisierung des Handlungsverlaufs beobachtet werden: Die Aufmerksamkeit des Handelnden wird immer weniger durch die Steuerung des Handlungsablaufs beansprucht. Die *dritte Phase* wird durch die vollständige Automatisierung des Handlungsverlaufs geprägt: Die Leistung wird ohne besondere Aufmerksamkeitsprozesse mit maximaler Wirkung erbracht. Die Phasen fließen ineinander über und folgen aufeinander; der Lernvorgang wird als ein im wesentlichen kontinuierlicher Verlauf betrachtet. Verschiedene Autoren stützen diese Vorstellung dadurch, daß sich während des Lernens Leistung als Funktion der Zeit entwickelt. Ein solcher als Kontinuum beschriebener Lernvorgang wurde allerdings von NEWELL (1991) als Artefakt, der an die Eindimensionalität der abhängigen Variablen gebunden sei, bezeichnet.

## 2.3 Das Lernen beeinflussende Variablen

Aus den kognitiven Theorien wurden verschiedene Hypothesen zur Rolle, die bestimmte Variablen bei der Optimierung des Lernens einer motorischen Aufgabe spielen können abgeleitet. Genannt werden sollen hier nur jene Hypothesen, die wichtigsten Forschungsrichtungen beeinflussen.

*Lernen setzt eine Anpassung der zu verarbeitenden Informationsmenge an die aktuelle Verarbeitungskapazität des Lernenden voraus.* Das Prinzip der Progressivität besteht zunächst in einer Verringerung der Aufgabenschwierigkeit und einer anschließenden, zunehmenden Steigerung des Anforderungsniveaus während des Lernens. FAMOSE et al. (1985) konnten

nachweisen, daß ein kontinuierliches, progressives Erhöhen des Schwierigkeits- und Unsicherheitsgrads wirkungsvoller ist als die Konfrontationsmethode, bei der die Handelnden sich sofort mit der Maximalschwierigkeit befassen müssen. Das Prinzip der Progressivität muß allerdings auf jene Variablen gerichtet sein, die für das Lernen zentral sind. So konnte beim Erlernen einer Antizipations-Gleichzeitigkeits-Aufgabe nachgewiesen werden, daß die Veränderung der Variablen „räumliche Unsicherheit“ eine wirksame Vorgehensweise war, während die Variable "erlaubte Fehlergröße" kaum Relevanz besaß (DURAND u.a. 1985).

*Variable Aneignungsbedingungen sind günstig für das Lernen.* Die Schema-Theorie von SCHMIDT geht davon aus, daß die Aneignung einer Fertigkeit unter verschiedenartigen Bedingungen die Adaptionsfähigkeit des Generalisierten Programms erhöhen kann. Diese Hypothese wurde vielfach überprüft. Zwar zeigen diesbezügliche Untersuchungen, daß Lernen unter konstanten Bedingungen wirksamer ist als Lernen unter variablen Bedingungen. Bei Transfertests brachte allerdings das Lernen unter variablen Bedingungen die besseren Ergebnisse.

*Feedback ist für das Lernen notwendig.* Als Feedback bezeichnet man alle Informationen, die der Lernende zu seiner Bewegungshandlung erhält. Von internem Feedback wird gesprochen, wenn die Information aus der Bewegungshandlung selbst kommt, von externem oder vermehrtem Feedback, wenn die Information von einem Dritten stammt. In Abhängigkeit von der Art der Informationen für den Handelnden wird zwischen der *Ergebnisrückmeldung* (connaissance des résultats = knowledge of results = Rückmeldung über den Grad der Abweichung zwischen angestrebtem und erreichtem Ziel = KR) und der *Leistungsrückmeldung* (connaissance de la performance = knowledge of performance = Rückmeldung über die zur Zielerreichung eingesetzten Mittel wie Strategien, Bewegungsmerkmale usw. = KP) unterschieden.

In zahlreichen Laboruntersuchungen wurde nachgewiesen, daß *Lernen ohne Ergebnisrückmeldung (KR) nicht möglich ist.* Bei einer Untersuchung von NOË u.a. (1984) zum Kopfball im Fußball ergab sich beispielsweise, daß eine Versuchsgruppe mit Ergebnisrückmeldung (KR) bessere Ergebnisse als eine Kontrollgruppe (ohne Ergebnisrückmeldung) erzielt. Diese Arbeiten sollten jedoch nicht überbewertet werden. In realen Handlungssituationen erhalten die Handelnden im allgemeinen ausreichend internes Feedback über die Ergebnisse ihres Handelns. VEREIJKEN/WHITING (1990) konnten z.B. nachweisen, daß Versuchspersonen bei der Bewältigung einer Lernaufgabe am Skisimulator durch zusätzliches Feedback über verschiedene Lernvorgänge keinerlei Vorteil für das Lernresultat ziehen konnten. Es darf als gesichert angenommen werden, daß zusätzliche Informationen redundant und überflüssig sind, wenn die gestellte Bewegungsaufgabe aus sich heraus schon hinreichende Informationen zur Übereinstimmung von angestrebtem und erreichtem Resultat gibt.

Mehrere Forscher vertreten die Auffassung, daß *die Kenntnis der Lernresultate wichtiger bei Lernvorgängen mit offenen Handlungssituationen und die der Lernleistung wichtiger für Lernvorgänge mit geschlossenen Handlungssituationen ist.* So konnten z.B. GOOPEA/ROTHSTEIN (1979) nachweisen, daß bei einer Aufgabenstellung zum Tennis die Kenntnis der Lernresultate für die Phase der Ballwechsel wichtiger war als bei einer geschlossenen Handlungssituation (z.B. beim Aufschlag).

*Lernen ist an den Aufbau und die Verwendung von Bewegungsvorstellungen oder Bewegungsleitbildern gebunden.* Diese Hypothese wurde von vielen Forschern untersucht, insbesondere jenen unter ihnen, die das Erlernen von sogenannten "morphokinetischen" Fertigkeiten bearbeiten. Hier scheint eine visuelle oder rhythmische Vorstellung der angestrebten Bewegung notwendig zu sein. Man geht dabei davon aus, daß der Handelnde

sich einen „internen Bewegungsentwurf“, ein „internes Modell“ von der Bewegung, die er ausführen will, macht. Diese Vorstellung baut er auf den bereits verarbeiteten und im Gedächtnis gespeicherten Informationen auf. Im Anschluß daran erfolgt die Umsetzung dieser Vorstellung in eine motorische Handlung.

CAROLL/BANDURA (1990) fanden heraus, daß die Wirkung der Beobachtung eines Bewegungsvorbilds auf die Qualität des Bewegungsvollzugs vollständig von der Bewegungsvorstellung der handelnden Person abhängt: bei einer Untersuchung zur Wirkung der Bewegungsvorstellung ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Beobachtung des Bewegungsvorbilds und der Genauigkeit der Bewegungsausführung.

Zusammenfassend kann man also aus kognitivistischer Sicht Lernen als eine progressive Verbesserung der Informationsverarbeitung (als Grundlage von Leistung) ansehen. Der Lehrende kann Lernen erleichtern durch

- Dosierung der zu verarbeitenden Informationsmenge oder
- durch das Liefern bestimmter zentraler Informationen. ..

### 3 Zur Bedeutung des dynamischen Ansatzes

Der kognitivistische Ansatz der Bewegungssteuerung beruht in erster Linie auf der Idee des Bewegungsentwurfs als zentral gesteuerte präskriptive Vorstellung. Einige Forscher haben die Berechtigung dieser Auffassung kritisiert: Das Hauptargument dabei ist, daß eine komplexe Bewegungshandlung die Steuerung so vieler Freiheitsgrade notwendig mache, daß eine derartig umfangreiche, zentral gesteuerte Programmierung nur schwer vorstellbar sei.

#### 3.1 *Einschränkungen (constraints) und Selbstorganisation* .

Die Vertreter des dynamischen Ansatzes sind der Auffassung, daß Regelmäßigkeiten der Bewegungsmuster nicht im Bewegungsentwurf angelegt sind, sondern daß sie im Gegenteil ganz natürlich durch komplexe Interaktionen zwischen den zahlreichen untereinander vernetzten Elementen entstehen. Dieses Phänomen entspreche der Art und Weise, wie viele komplexe physikalische Systeme sich ohne Einwirkung irgendwelcher zentraler Steuerung oder regelnder Führungsgrößen selbst organisieren und strukturieren. Nach NEWELL (1986) ist der Handelnde einem System von Einschränkungen ausgesetzt. Diese können eingeteilt werden in solche durch die Umwelt (Umwelteinflüsse), in mit der Aufgabe selbst verbundene Einschränkungen und in Einschränkungen durch den Organismus. Die zentrale Idee des dynamischen Ansatzes ist nun, daß diese Einschränkungen (constraints) die Zahl der möglichen Lösungen, die jeweils aus dem System entstehen könnten, vermindern. Die hier angesprochenen Wirkungen sind in erster Linie materieller Art. Es können aber auch andere, mehr symbolische Einschränkungen in Erwägung gezogen werden: dabei handelt es sich besonders um die Absichten, die der Handelnde mit der Aufgabe verfolgt. Die Handlungsabsichten können von Anweisungen durch einen Versuchsleiter oder einen Lehrer kommen oder von Vorstellungen, die sich der Handelnde zu der ihm gestellten Aufgabe macht. Kulturell bedingte Normen, die in gewisser Weise die Art der Aufgabenbewältigung vorschreiben, sind zweifelsohne ebenfalls eine dieser kognitiven Einschränkungen (constraints - hier muß auf die Arbeiten von MAUSS (1950) zu Körpertechniken verwiesen werden).

Koordination wird nun weniger als planmäßig entworfen und durch eine zentrale Instanz gesteuert verstanden als vielmehr als Resultat einer Selbstorganisation des ausführenden Systems unter Berücksichtigung der Einschränkungen. Unter dieser Prämisse wird Komplexität, deren Erklärung für die kognitiven Theorien schwierig war, eher zum Trumpf:

denn einige theoretische Ansätze gehen tatsächlich davon aus, daß Selbstorganisationsprozesse nur dann in Gang kommen, wenn das System ein kritisches Maß an Komplexität erreicht.

Zur Charakterisierung der Einschränkungen, durch die die Anpassungsfähigkeit des Handelnden gefordert wird, wird der Begriff des "Raums für perzeptivmotorische Arbeit" verwendet. Dieser Arbeitsraum darf dabei nicht als etwas Statisches verstanden werden; diese Ansicht unterscheidet sich von der klassischen Auffassung. Es handelt sich vielmehr um eine dynamische Konstruktion, die durch die Interaktion von Wahrnehmung und Handlung entsteht. Außerdem entwickelt sich der Arbeitsraum mit dem Lernen, weil der Handelnde neue Ressourcen erschließt und neue Einschränkungen (constraints) miteinbezieht.

Bewegung wird durch Koordination (oder pattern) gekennzeichnet, welche zunächst einmal als räumliche und zeitliche Organisation der Freiheitsgrade des Systems definiert werden kann. Da Einschränkungen die Möglichkeiten des Systems begrenzen, kann man einen „Zustandsraum“ (espace des états) festmachen, der die Gesamtzahl aller möglichen Koordinationen in einem vorgegebenen Arbeits- oder Handlungsraum umfaßt.

Zur Analyse der Koordination und der Dynamik ihres Entstehens nehmen die Forscher Variablen zu Hilfe, um sie mit deren Hilfe insgesamt zu erfassen, "einzufangen". Diese Variablen werden als "kollektive Variablen" (variables collectives) oder auch „Ordnungsparameter“ (paramètres d'ordre) bezeichnet. Beim dynamischen Ansatz stellt die Identifikation dieser Variablen oft die erste Herausforderung im Rahmen einer Untersuchung dar. Ihre Anwendung führt zu einer grundlegenden, deren Vorgehensweise als bei den Zeitmeßmethoden des kognitiven Ansatzes: War für die Kognitivisten die Zeit die wesentliche Variable (bezüglich der Dauer der notwendigen Informationsverarbeitung zur Bewegungsorganisation und -steuerung), legen die Vertreter des dynamischen Ansatzes das Gewicht eher auf die Topologie der Bewegung und deren raum-zeitliche Organisation.

Die Dynamiker beschäftigen sich vor allem mit zyklischen Bewegungen wie Gehen, Laufen oder komplexeren Aufgaben wie der beidhändigen Koordination. Die Bewegungen der Gliedmaßen werden dabei meistens als periodische Schwingungen (oscillateurs) konzipiert, die durch Schwingungsweite und -frequenz ihres Ausschlags definiert werden. Die Koordination wird dann als Kopplung mehrerer Schwingungen (Oszillatoren) aufgefaßt. In diesem Fall wird die kollektive Variable als die Phasenverschiebung bzw. Phasenabweichung von zwei Hauptoszillatoren definiert. VEREIJKEN (1991) stellte eine Aufgabe am Skisimulator. Aus ihrer Sicht ist die kollektive Variable die Phasenabweichung zwischen den zyklischen Bewegungen des Schlittens und den vertikalen Oszillationen des Schwerpunkts. Ordnungsparameter ist damit eine vom Versuchsleiter konstruierte Variable, die dazu dient, quantitativ eine eigentlich qualitative Bewegungskoordination zu erfassen.

Bei einer vorgegebenen Bewegungsaufgabe werden bestimmte Koordinationen bevorzugt verwendet. Dies ist an der großen Stabilität der Bewegungsmuster zu erkennen (pattern -was durch die Variabilität des Ordnungsparameters feststellbar ist). Wenn der Handelnde jedoch von den bevorzugten Koordinationsmustern abweicht, ist das Bewegungsmuster (pattern) viel variabler. Die bevorzugten stabilen Koordinationen werden "attractors" (attracteurs) genannt. Wenn die handelnde Person bei einer zuvor gelernten Aufgabe eine Bewegung einleitet, dann verdrängt nach einer Übergangsphase die kollektive Variable schnell den "attractor". Falls der Bewegungsablauf zufälligerweise gestört wird (Desorganisation der Koordination), (re)aktiviert das System schnell den "attractor". Der "attractor" stellt also eine bevorzugte Zone innerhalb des Handlungsraums dar. Er strebt danach, die Koordination zu erfassen bzw. zu überlagern und aufrechtzuerhalten.

### 3.2 Koordinations- und Regelungsaufgaben

Die Dynamiker führen für die von den Kognitivisten oft miteinander vermischten Begriffe der "Koordination" und der "Regelung" sehr präzise Definitionen ein. Der Begriff "Koordination" steht für die Art der raum-zeitliche Organisation der Freiheitsgrade. Der Begriff "Regelung" verweist dagegen auf die momentane Anpassung einer bestimmten Form der Koordination an die genauen Merkmale einer vorgegebenen Aufgabe.

Mit Hilfe dieser Definitionen können zwei Aufgabentypen unterschieden werden: Aufgaben mit dem Ziel der Koordination, bei denen der Handelnde noch nicht über die angemessene Koordination verfügt, und Aufgaben mit dem Ziel der Regelung, bei denen der Handelnde eine zuvor erworbene Koordination den aktuellen äußeren Einschränkungen anpassen muß.

#### 3.2.1 Lernen bei Regelungsaufgaben

Bei einer Regelungsaufgabe ist der Handelnde im allgemeinen bereits zu einem Bewegungsmuster relativ nahe an der zu erlernenden Koordination in der Lage. Dies ist z.B. bei relativ leichten Aufgaben der Fall oder bei Aufgaben im Bereich des Überlernens, etwa bei der Fortbewegung. Anders ausgedrückt, der Handelnde hat im wesentlichen Zugang zu dem Handlungsraum, in dem die zu erlernende Koordination angesiedelt ist.

Zwei Möglichkeiten sind nun denkbar. Einmal stellt die zu erlernende Bewegungskoordination einen natürlichen "attractor" des Handlungsraums dar. Aufgabe des Handelnden ist es nun, diesen "attractor" zu entdecken; zwischen dem Ziel für den Handelnden und der internen Dynamik des Systems (ZANONE/KELSO 1992) entsteht Konvergenz.

Bei relativ einfachen Bewegungsaufgaben tritt der "attractor" direkt auf, als quasi natürliche Konsequenz der Einschränkungen. NEWELL u.a. (1989) vermuten allerdings, daß der Handelnde in den meisten Fällen eine regelrechte Erkundung des Handlungsraumes vornehmen muß, um den „attractor" zu lokalisieren. Für eine wirksame Erkundung schlagen sie deshalb eine mehr oder weniger systematische Analyse möglicher Strategien vor. In mehreren Untersuchungen wird darüber hinaus vermutet, daß bei diesen Aufgaben die energetische Wirkung einen fundamentalen Bezugspunkt für die Suche nach einer Lösung darstellt (SPARROW 1983).

Die zu lernende Koordination kann recht weit von natürlichen Lösungsmöglichkeiten entfernt sein. Dies ist häufig bei hochgradig durch kulturelle Einflüsse geprägten Bewegungsformen der Fall, wie z.B. beim Tanz oder in der Gymnastik. In diesem Fall entsteht ein Spannungsverhältnis zwischen dem vorgegebenen Ziel und der dem System eigenen internen Dynamik. ZANONE/KELSO (1992) untersuchten die Lernvorgänge beim Problem der Beidhändigkeit: beide Zeigefinger mußten mit einer Phasenverschiebung von  $90^\circ$  bewegt werden. Die Stellungen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  stellen dabei natürliche „attractors" des Systems dar; die Stellung  $90^\circ$  dagegen ist eine außergewöhnlich instabile Koordination.

Aus Erfahrung weiß man, daß Lernen dem Handelnden ermöglicht, die Dynamik seines Arbeitsraumes zu verändern und einen neuen "attractor" im Hinblick auf die neu erlernte Phasenverschiebung zu bilden: Als Folge des Lernvorgangs entsteht eine relative Stabilität der neuen Koordination, die wie die natürlichen "attractors" dazu tendiert, verwandte Koordinationsmuster anzuziehen.

Ratschläge zur zu Lernenden Koordination sind kognitive Einschränkungen (constraints). Wie andere Einschränkungen auch verursachen sie eine Strukturierung des Handlungsraums und wirken vermutlich auf die natürlichen Oszillatoren des Systems ein (PAILHOUS/THINUS-BLANC 1994).

### 3.2.2 Lernvorgänge bei Koordinationsaufgaben

Bei Koordinationsaufgaben verfügt der Handelnde über keine ausreichenden pattern (Bewegungsmuster) -auch nicht in unvollständiger Form, um den Situationsanforderungen gerecht werden zu können. D.h., die handelnde Person hat noch keinen Zugang zu dem Koordinationsmodus mit dem angestrebten "attractor": sie steht einem neuen Problem gegenüber, für das keine der früher gelernten Koordinationen ausreicht.

Die kognitivistischen Ansätze zum Lernen, allen voran SCHMIDT (1982) mit seiner Schema-Theorie, bieten paradoxerweise keine befriedigende Antwort auf das grundlegende Problem der neuen Situation. Wenn eine Person mit einem neuen Problem konfrontiert ist, dann, so nimmt SCHMIDT an, wird sie auf ein zuvor erstelltes, generalisiertes motorisches Programm zurückgreifen, das in bezug auf die aktuell gestellte neue Aufgabe ein gewisses Maß an Validität verspricht und das sie deren Anforderungsmerkmalen anpassen kann. Damit handelt es sich hier eigentlich mehr um eine Transfertheorie als um eine Lerntheorie.

Während die kognitiven Ansätze dadurch, daß sie ihre Analysen auf chronometrische Variablen stützen, eher dahin tendieren, lernen als ein progressives und kontinuierliches Verfeinern und verbessertes Angleichen zu sehen, akzentuieren Ansätze mit dem Schwerpunkt auf der Analyse der Entwicklung von Bewegungsmustern (pattern) eher Diskontinuitäten und Brüche (NEWELL 1991). In einigen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß handelnde Personen sukzessiv mehrere qualitativ unterschiedliche Koordinationsmuster verwenden (VEREIJKEN 1991; NOURRIT u.a. 1996).

Aufeinanderfolgenden Koordinationen können anscheinend durch eine immer stärker werdende Verwendung körperlicher Freiheitsgrade, eine immer höheren Bewegungsamplitude und eine zunehmende Nutzung der dynamischen Eigenheiten des Handlungsmilieus bzw. Umfelds charakterisiert werden. In einer ersten Lernphase scheint die handelnde Person nur einen beschränkten Handlungsraum wahrzunehmen und die Aufgabenlösung, die sie in diesem Bereich findet, hat die Funktion, die bis dahin ignorierten Einschränkungen (constraints) wahrzunehmen und den Handlungsraum zu wechseln. Nur ganz allmählich nähert sich die handelnde Person dem endgültigen Handlungsbereich an, verbunden mit der Möglichkeit, den charakteristischen, Können ausmachenden "attractor" zu entdecken.

Die Vorschläge BERNSTEINS (1967) hängen mit der Hypothese einer anfänglichen Vereinfachung des Handlungsraums zusammen. Nach BERNSTEIN ist Lernen der Prozeß, durch den die handelnde Person es schafft, ihre Freiheitsgrade immer mehr zu beherrschen, das heißt, sie in ein einfacheres und steuerbares System zu transformieren. Eine Anfangslösung besteht darin, eine gewisse Anzahl an Freiheitsgraden „einzufrieren“. Dies kann entweder durch eine Gelenkfixierung in einem Teil des Körpers oder durch eine zeitweilige Koppelung zwischen zwei oder mehreren Freiheitsgraden geschehen (zum Beispiel durch phasengleiches Mobilisieren von zwei Gelenken). Durch diese Strategie muß der Handelnde nur einige wenige freie Parameter speichern und kann damit zunächst einmal das Steuerungsproblem lösen. Diese Strategie erlaubt ihm auch eine erste Lösung bzw. Antwort für die gestellte Aufgabe. Verschiedene Untersuchungen haben diese theoretische Vorstellung von einem anfänglichen Einfrieren von Freiheitsgraden bei Anfängern bestätigt (NEWELL VAN EMMERICK 1989; VEREIJKEN 1991; NOURRIT u.a. 1996).

Nach BERNSTEIN werden die Fortschritte im Fertigkeitensniveau in einer zweiten Phase durch ein schrittweises Freisetzen oder Aufheben der rigiden Steuerung der Freiheitsgrade und ihre Eingliederung in ein dynamisch gesteuertes System erreicht, d.h., die Freiheitsgrade werden nicht anarchisch einfach freigegeben, sondern progressiv in *koordinative Strukturen* integriert. Unter koordinative Struktur wird dabei ein zeitlich begrenztes Zusammenführen muskulärer

Bewegungskoppelungen verstanden, durch das die vom Handelnden gesteuerten Freiheitsgrade reduziert werden sollen (WHITING/VOGT/VEREIJKEN 1992). Die koordinative Struktur manifestiert sich in erster Linie als eine Koppelung verschiedener funktioneller Ketten bzw. Gruppen, als reziproke Kompensation von Mechanismen etc. Die in einer koordinativen Struktur enthaltenen Freiheitsgrade werden so gezwungen, wie eine einzige und einmalige funktionelle Einheit zu agieren.

Der dynamische Ansatz ermöglicht also eine veränderte Sicht von Lernen: Die Rolle der zentralen Steuerung wird vermindert und dafür die Bedeutung der Umwelteinschränkungen, der Eigenheiten des Organismus und der Prozesse der Selbstorganisation in den Vordergrund gestellt. Die Bedeutung dieses Ansatzes ist allerdings auf die Probleme der Bewegungskoordination beschränkt und berührt Entscheidungsprobleme bei motorischen Fertigkeiten nicht.

Ein dritter, von den beiden vorherigen unterschiedlicher Ansatz stellt die Wissensbasis in den Mittelpunkt. d.h. besonders das Bewertungswissen des Handelnden zu seiner Sportart (THOMAS u.a. 1986; WALL 1986; DAVIDS/MYERS 1990). Untersuchungen zum Motorischen Lernen wurden meist an konstruierten/artifiziellen Aufgaben, zu denen die Versuchspersonen weder über Erfahrungen noch über spezifisches Wissen verfügten, durchgeführt. Völlig anders aber sieht die Voraussetzung bei Untersuchungen zum Lernen in der Praxis des Schulsports und des Sports aus.

Die Autoren des dritten Ansatzes werfen den Vertretern der klassischen Theorien zum Lernen und zur Bewegungssteuerung vor, sie würden sich nur für die formalen Aspekte der Leistung interessieren und darüber hinaus die Bedeutung des für die Handlung verfügbaren impliziten Wissens vernachlässigen. Nach ihnen sind Unterschiede zwischen Könnern und Anfängern, aber auch zwischen Erwachsenen und Kindern durch große Unterschiede bei der Vielfalt und der Strukturiertheit der jeweiligen Wissensbasis bedingt. Nachgewiesen wurde, daß leistungsstarke Sportler (experts) im Bereich der Mannschaftsspiele in der Lage waren, mehr Informationen zu spieltypischen Situationen wahrzunehmen und zu behalten als schwächere Spieler bzw. solche mit weniger Erfahrung. Diese Überlegenheit sei eher durch das Wissen zu den Spielhandlungen als durch eine besser entwickelte Wahrnehmung bedingt (ALLARD u.a. 1980).

Wenngleich dieser Ansatz stärker an der Erfahrung als am Lernen ansetzt, so können dennoch von hier aus mehrere Hypothesen zum Erwerb neuer Fertigkeiten formuliert werden. Im allgemeinen scheint spezifisches Wissen das Lernen neuer Aufgaben zu erleichtern: Erfahrene Sportler dürften besser in der Lage sein, für unbekannte Situationen in ihrer Sportart wirksame Problemlösungsstrategien zu finden (KERR u.a. 1992). Deshalb ist es wichtig, das Vorwissen vor Beginn des Lernens neuer Fertigkeiten und Strategien abzuklären.

Einige Forscher vermuten darüber hinaus, daß bestimmte Fertigkeitstypen stärker als andere durch das Vorwissen beeinflusst werden. Mit einem Experiment konnten FRENCH/THOMAS (1987) zeigen, daß im Basketball der strategische Anteil einer Fertigkeit (d.h. die Stimmigkeit spielrelevanter Entscheidungen während des Spiels) eher an Bewertungswissen (connaissances déclaratives) des Spielers gekoppelt ist, während sich die technische Seite der Bewegungsabläufe (d.h. die Bewegungspräzision bzw. die Bewegungsqualität) davon eher unabhängig zeigt. Daraus läßt sich die Hypothese ableiten, daß Bewertungswissen für strategisches Geschick entscheidender ist als für technische Fertigkeiten (DELIGNIÈRES 1992; ABERNETHY u.a. 1994).

## 5 Entwicklungsperspektiven der Forschung zum Motorischen Lernen

Es ist nicht leicht, zu einem Bereich mitten in einer kräftigen Entwicklungsphase einen Blick in die Zukunft zu tun. Dennoch sollen zwei wesentliche Gedanken vorgestellt werden, die die Entwicklung zukünftiger Forschung zum Motorischen Lernen charakterisieren dürften.

Nicht alle Arbeiten, die in diesem Beitrag erwähnt wurden, stammen von Sportwissenschaftlern. Lange Zeit war die Motorikforschung sehr von theoretischen Ansätzen anderer Wissenschaftsbereiche abhängig. Zukünftige Forschung zum Motorischen Lernen muß deutlicher *die Charakteristika der Motorik bei sportlichen Bewegungen*, d.h. fast immer Ganzkörperbewegungen unter hohem Zeitdruck, bearbeiten. Die Sportmotorik ist eine sehr komplexe Motorik. Der wesentliche Fehler bei der Anwendung klassischer Lerntheorien war die Reduktion dieser Komplexität durch das Zentrieren der Analyse auf eindimensionale, abhängige Variablen; dabei stand meist die Messung der Zeit im Mittelpunkt. Mit dem dynamischen Ansatz und dessen Schwerpunkt auf dem Konzept der Bewegungskoordination hat die Forschung einen entscheidenden Schritt nach vorne getan: In Zukunft werden die Forscher versuchen, die Komplexität von Bewegung direkt zu erfassen, ohne sie zuvor mit Hilfe stark vereinfachender Modellvorstellungen zu reduzieren.

In diesem Beitrag wurden oft zwischen Aufgaben zur Koordination und Bewegungssteuerung einerseits und zwischen Aufgaben zu strategischen und taktischen Fertigkeiten andererseits unterschieden. Diese Aufgabenklassifizierung ist für uns grundlegend. Eine Literaturanalyse zeigt, daß im allgemeinen Arbeiten zum Vergleich von variablem mit festgelegtem Lernen und Üben an Steuerungsaufgaben durchgeführt wurden. In der einzigen Untersuchung mit einer Bewegungskoordinationsaufgabe (den BRINKER u.a. 1985) wurde zu einer Transferaufgabe keinerlei Vorteil durch variables Lernen gefunden. MAGILL/SCHOENFELDEA-ZOHDI (1995) vermuten auf der Basis einer Literaturanalyse, daß Vormachen höchstens im Rahmen von Bewegungskoordinationsaufgaben, aber kaum bei Regelungsaufgaben eine Rolle spielt. Schließlich wurde in diesem Beitrag noch die unterschiedliche Bedeutung verschiedener Arten der Verbalisierung für strategische und technische Fertigkeiten erwähnt.

Dies alles legt nahe, daß die Lerntheorien in erster Linie für Teilgebiete relevant sind. Es wäre illusorisch, nach einer allgemeinen, umfassenden Theorie zu suchen, die für alle Aneignungsprozesse zutrifft. Die künftige Entwicklung läuft weniger auf die Suche nach einer Synthese der verschiedenen Forschungstendenzen hinaus als auf die deutlichere Bestimmung der Grenzen der Anwendbarkeit der einzelnen theoretischen Ansätze.

### Literatur

ABERNETHY, B./THOMAS, K.T./THOMAS, J.T.: Strategies for improving understanding of motor expertise (or mistakes we have made and things we have learned!!). In: STARKES, J.L./ ALLARD F. (Eds.): Cognitive Issues in Motor Expertise. Amsterdam 1993, 317-356

ALLARD, F./GRAHAM, S./PAARSALU, M.E.: Perception in sport: Basketball. In: Journal of Sport Psychology 2 (1980), 14-21

BERNSTEIN, N.A.: The coordination and regulation of movements. Oxford 1967

BOUTHIER, D.: Les conditions cognitives de la formation d'actions sportives collectives. (Thèse de Doctorat EPHE). Paris 1988

CADOPI, M.: Représentation cognitive et performance dans les actions morphocinétiques. In: RIPOLL, H./BILARD, J./DURAND, M./KELLER, J./LÉVEOUE, M./THERME, P. (Eds.): Questions actuelles en psychologie du sport. Paris 1995, 237-248

- CARRASCO, J.: Essai de systématique d'enseignement de la gymnastique aux agrès. Paris 21979 .
- CARROLL, W.R./BANDURA, A.: Representation guidance of action production in observational learning: a causal analysis. In: Journal of Motor Behavior 22 (1990), 85-97
- COOPER, L.K./ROTHSTEIN, A.L.: Videotape replay and the learning of skills in open and closed environments. In: Research Quarterly for Exercise and Sport 52 (1981), 191-199
- DAVIDS, K./MYERS, C.: The role of tacit knowledge in human skill performance. In: Journal of Human Movement Studies 19 (1990), 6, 273-288
- DELIGNIÈRES, D.: Apprentissage moteur et verbalisation. In: Echanges et Controverses (1991), 4, 29-42
- DEN BRINKER, B.P.L.M./STABLER, J.R.L.W./WHITING, H.T.A.NAN WIERINGEN, P.C.W.: A multidimensional analysis of some persistent problems in motor learning. In: GOODMAN, D./WILBERG, R.D./FRANKS J.M. (Eds.): Differing Perspectives in Motor Learning, Memory, and Control. Amsterdam 1985, 193-207
- DURAND, M./BARNA, A.: Exigences de la tâche et performances motrices: étude développementale. In: VOM HOFE, A./SIMONNET, R. (Eds.): Recherches en Psychologie du Sport. Paris 1987, 150.161
- DURAND, M./FAMOSE, J.P./BERTSCH, J.: Complexité de la tâche et acquisition des habiletés motrices. In: Actes des Journées d'Automne de l'ACAPPs. Beaune 1985, 101-102
- FAMOSE, J.P. : Apprentissage moteur et difficulté de la tâche. Paris 1990
- FAMOSE, J.P./BERTSCH, J./CHAMPION, E./DURAND, M.: Tâches motrices et stratégies pédagogiques en Education Physique et Sportive. Paris 1983
- FAMOSE, J.P./DURAND, M./BERTSCH, J.: Caractéristiques spatiotemporelles des tâches et performances motrices. In: ARGUEL, M. (Ed.): Corps-Espace-Temps. Paris 1985,156-163
- FRENCH, K.E./THOMAS, J.R.: The relation of knowledge development to children's basketball performance. In: Journal of Sport Psychology 9 ( 1987), 15-32
- GRÉHAIGNE, J.F./BILLARD, M./GUILLON, A./ROCHE, J.: Vers une autre conception de renseignement des sports collectifs. In: BUI-XUAN, G. (Ed.): Méthodologie et Didactique de l'EPS. Clermond-Ferrand 1989, 201-216
- KERR, R./HUGHES, K./BLAIS, C./TOWARD, J.I.: Knowledge and Motor Performance. In: Journal of Human Movement Studies 22 (1992), 85-100
- MAGILL, R, SCHOENFELDER-ZOHDI, B.: Interaction entre les informations en provenance d'un modèle et la connaissance de la performance lors d'un apprentissage moteur. In BERTSCH, J./LE SCANFF, C. (Eds.): Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage. Paris 1995, 15-26
- MAUSS, M.: Sociologie et anthropologie. Paris 1950
- MÉRAND, R.: L'enfant, la recherche pédagogique en EPS et rapport d'Henri Wallon. In: Sport et Plein Air (1970), numéro spécial
- NEWELL, K.M.: Coordination, Control and Skill. In: GOODMAN, DJWILBERG, A.B./FRANKS, I.M. (Eds.): Differing Perspectives in Motor Learning. Amsterdam 1985, 295-317

- NEWELL, K.M.: Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.G./WHITING, H.T.A. (Eds.): Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control. Dordrecht 1986, 341-360
- NEWELL, K.M.: Motor Skill Acquisition. In: Annual Review of Psychology 42 (1991), 213-237
- NEWELL, K.M./KUGLER, P.N./VAN EMMERICK, A.E.A./McDONALD, P.V.: Search strategies and the acquisition of coordination. In: WALLACE, S.A. (Ed.): Perspectives on the Coordination of Movement. Amsterdam 1989, 85-122
- NEWELL, K.M., VAN EMMERICK, A.E.A.: The acquisition of coordination: preliminary analysis of learning to write. In: Human Movement Science 8 (1989), 17-32
- NOÛ, A./PAUWELS, J.M./BUEKERS, M.: Efficiëntie van verbale en visuele feedback bij het leren doelen met het hoofd in voetbal. In: Hermes 17 (1984), 169-183
- NOURRIT, D./DELIGNIÈRES, D./MICALLEFF, J.P.: Complex Skill Acquisition: A Test of the Bernstein's Assumptions on Motor Learning. Communication présentée au Premier congrès de l'ECSS, Nice, 28-31 Mai 1996
- PAILHOUS, J./LAURENT, M.: Mouvement et perception. Demande de création d'UMR, Projet CNRS. Commission 29. 1995
- PAILHOUS, J./THINUS-BLANC, C.: Locomotion et espace de déplacement. In: RICHELLE, M./REQUIN, J./ROBERT, M. (Eds.): Traité de Psychologie Expérimentale. Paris 1994, 729-775
- SCHMIDT, R.A.: Motor control and learning: a behavioral emphasis. Champaign, Ill. 1982
- SPARROW, W.A.: The Efficiency of Skilled Performance. In: Journal of Motor Behavior 15 (1983), 3, 237-261
- THOMAS, J.R./FRENCH, K.E./HUMPHRIES, C.A.: Knowledge development and sport skill performance: Directions for motor behavior research. In: Journal of Sport Psychology 8 (1986), 259-272
- VEREIJKEN, B./WHITING, H.T.A.: In defence of discovery learning. In: Canadian Journal of Sport Psychology 15 (1990), 99-106
- VEREIJKEN, B.: The dynamics of skill acquisition. Amsterdam 1991
- WALL, A.E.: A knowledge-based approach to motor skill acquisition. In: WADE, M.G./WHITING H.T.A. (Eds.): Motor development in children: Aspects of coordination and control. Dordrecht 1986, 33-49
- WHITING, H.T.A./VOGT, S./VEREIJKEN, B.: Human skill and motor control: some aspects of the motor control-motor learning relation. In: SUMMERS, J.J. (Ed.): Approaches to the Study of Motor Control and Learning. Amsterdam 1992, 81-111
- ZANONE, P.G./KELSO, J.A.S.: Evolution of Behavioral Attractors with Learning: Nonequilibrium Phase Transitions. In: Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 18 (1992), 2, 403-421