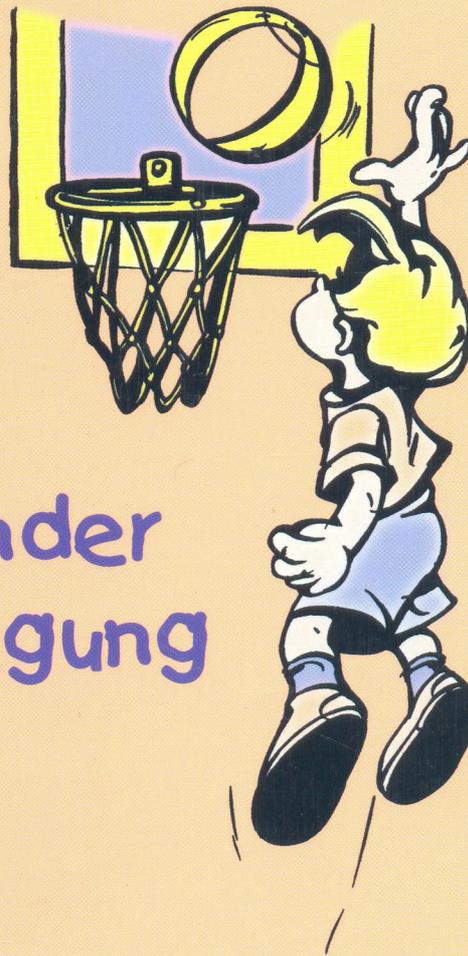


Herbert Amberger (Hrsg.)

Bewegte Schule



Schulkinder
in Bewegung

Verlag Karl Hofmann

Alf Zimmer

Bewegen ist Problemlösen – Was die experimentelle Motorik zur Variabilität der Bewegung sagt.

Theorien der motorischen Programmierung genau so wie biomechanische Ansätze zur Bewegungsoptimierung gehen implizit oder explizit davon aus, dass es nur eine optimale und damit anzustrebende Bewegungsabfolge für genau spezifizierte motorische Aufgaben gibt. Die Beobachtung, dass auch bei hohem Übungsgrad die Variabilität nicht auf Null geht und die Feststellung stabiler individueller Unterschiede bei der Durchführung auch einfacher motorischer Tätigkeiten deuten darauf hin, dass selbstgesteuertes motorisches Lernen als Problemlösungsprozess zu verstehen ist, in dem eine bestmögliche Passung von Aufgabe (Umwelt) und motorischer Performanz (Individuum) angestrebt wird.

Konsequenzen aus der Motorikforschung für die „Bewegte Schule“

Beim Stichwort „Bewegte Schule“ denkt man zunächst einmal an den Sportunterricht und vielleicht dann noch an Spiele auf dem Pausenhof o. Ä. Dies ist jedoch eine verkürzte Perspektive, denn gerade in den Jahren bis zur Pubertät spielt der Erwerb motorischer Koordination in vielen Bereichen der Schule eine große Rolle, angefangen von der feinmotorischen Höchstleistung, wie sie beim Erwerb der Schrift erforderlich ist, bis hin zu komplexen beidhändig koordinierten Bewegungen, wie sie beim Spiel von Musikinstrumenten oder im Bereich des Werkens auftreten. Wenn überhaupt in diesen Bereichen über die motorischen Anforderungen reflektiert wird (z. B. ist die motorische Komponente beim künstlerischen Schaffen, der richtige Pinselschwung u. a., in unserer kulturellen Tradition selten Gegenstand der Lehre, ganz im Gegensatz zu japanischer oder chinesischer Kunsterziehung), dann gehen Lehrpläne genauso wie subjektive Motoriktheorien von Lehrenden in der Regel davon aus, dass es einen optimalen Bewegungsablauf für die Bewältigung einer jeden motorischen Anforderung gäbe. Darüber hinaus wird in der Regel noch davon ausgegangen, dass die Lernstrategie „vom Leichten zum Schweren“, in der additiv einzelne Bewegungsteile trainiert und anschließend „zusammengesetzt“ werden (was dann häufig zum gänzlich unerwarteten Zusammenbruch der Bewegungskoordination führt), die effektivste, wenn nicht gar die einzig mögliche Trainingsmethode darstellt.

Das Beispiel des Erwerbs von Schreibschrift nach Lehrplan macht dies besonders deutlich: In Abbildung 1 werden die nach Lehrplan vorgegebenen Formen des Buchstaben „a“ und die jeweils vorgeschriebenen Bewegungsrichtungen angegeben. Vergleichsweise mühelos erlernen Sechsjährige das Schreiben des Druckbuchstabens, bei dem sie schon bekannte Grapheme wie Kreis und senkrechten Strich zusammenfügen. Anstatt jetzt diese Schreibkompetenz beizubehalten und darauf zu

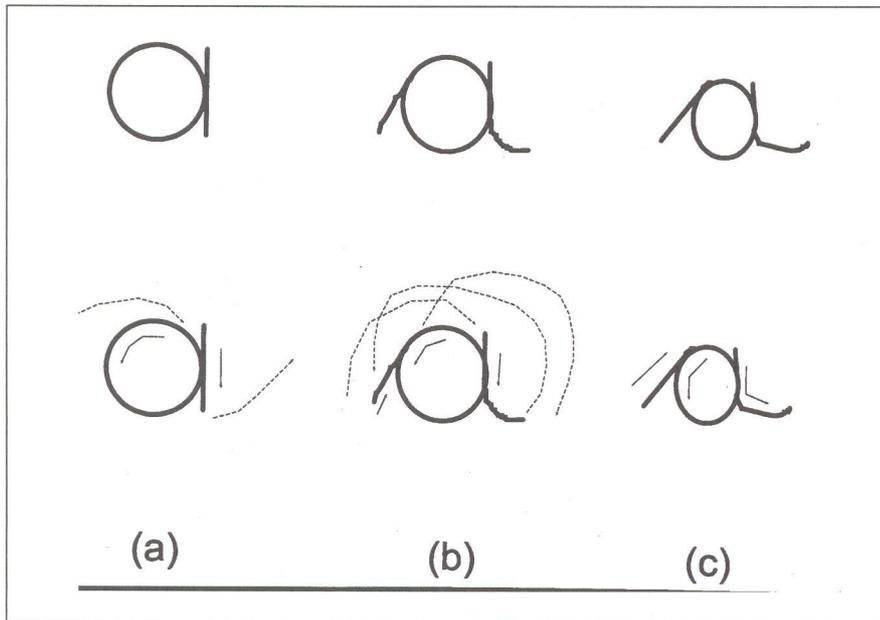


Abb. 1: Bewegungen beim Schreiben von „a“

vertrauen bzw. durch Anregungen unterstützend dies zum verbundenen Schreiben von Buchstaben in Worte zu überführen, wird isoliert das Schreibschrift-„a“ trainiert. Aufgrund ihrer subjektiven Motoriktheorien sind die Verfasser von Lehrplänen zur Auffassung gelangt, dass Richtungsänderungen dann besonders schwierig seien, wenn eine Bewegung hin und zurück geführt wird. Aus diesem Grunde wird vorgeschrieben, dass erst einmal der eigentliche Schreibschriftbuchstabe „a“ geschrieben wird und dann mit einer sog. Luftbewegung die zielgenaue Hinzuführung des Verbindungsstrichs zum vorangehenden Buchstaben nachträglich eingeführt wird. Untersuchungen von FREYD, (1983) zur Bedeutung solcher Luftlinien bei der Produktion von Graphemen zeigen, dass solche Luftlinien entscheidend darüber bestimmen, wie ein solches Graphem intern im Gedächtnis gespeichert wird und dementsprechend das Wiedererkennen bzw. Produzieren dieses Graphems beeinflusst (siehe Abb. 2).

Ziel des Erwerbs der Schreibschrift ist die flüssige Verbindung von Buchstaben, der sog. zügige Schreibfluss, der aber zwar der auf dem Papier erkennbaren äußeren Form des Graphems sehr stark ähnelt, aber auf einer ganz anderen Aneinanderkettung und Verbindung von Bewegungsabläufen basiert. Aus Sicht der Motorik ist es daher nicht verwunderlich, dass einerseits beim Erwerb der Schreibschrift vielerlei Schreibstörungen bei Schülern auftreten, die aber andererseits problemlos wieder

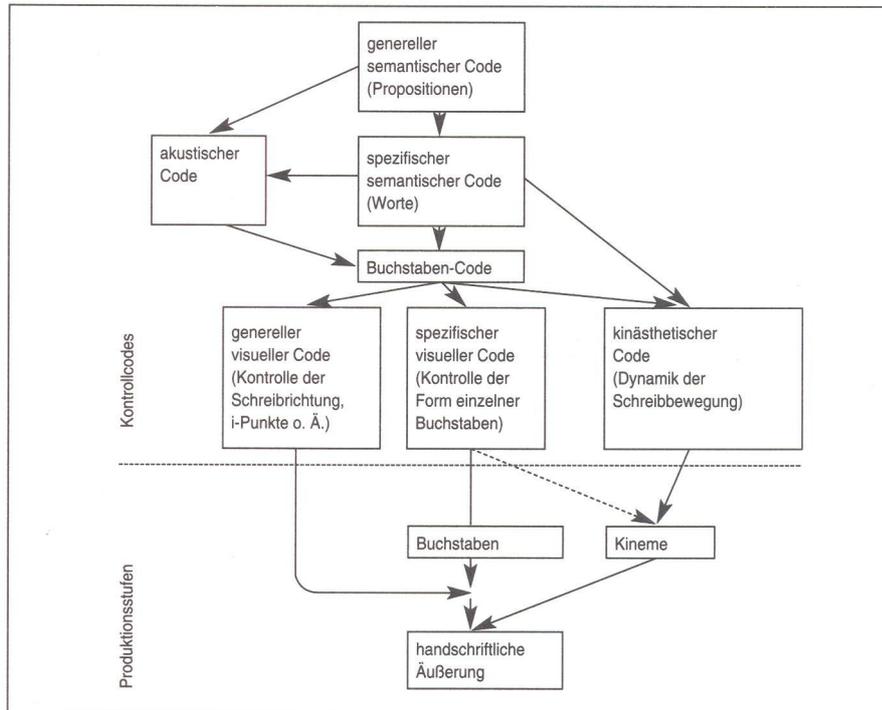


Abb. 2: Informationsverarbeitung beim Schreiben

verschwinden, wenn dem Schüler erlaubt wird, wieder Druckschrift zu verwenden, die er oder sie dann später ganz spontan in einem Schreibfluss verbindet, der sich allerdings möglicherweise von dem im Lehrplan formativ vorgegebenen unterscheidet.

Im Folgenden werden eine Reihe von experimentellen Befunden vorgestellt, die eindeutig belegen, dass motorisches Lernen und komplexe Bewegungsregulation auf Regeln und Systematiken basieren, die sich in Lehre und Training erfolgreich umsetzen lassen; diese Regelhaftigkeiten sind aber vielfach interindividuell unterschiedlich: d. h. dass zwei Lernende ein und dieselbe Bewegungsaufgabe mit gleichem Erfolg auf ganz unterschiedlichen Wegen erwerben können oder aber sogar durch unterschiedlich strukturierte Bewegungen zum gleichen Handlungsziel (z. B. Ausführung eines Buchstabens, Schlagen eines Taktes oder Fangen eines Balles) kommen und zwar mit gleicher Effizienz. Ziel der Bewegungserziehung auf diesem Hintergrund muss es also primär sein, die Randbedingungen für den Erwerb der individuell passenden Lernstrategie sicherzustellen und gleichzeitig zu diagnostizieren, ob Bewegungsstörungen aufgrund etwaiger Pathologien oder aber falscher Be-

wegungsvorstellungen auftreten; diese müssen dann gezielt einem zusätzlichen Training oder gar einer Therapie unterzogen werden, wobei die Differenzierung zwischen alternativer Bewegungskoordination und Bewegungspathologie nicht auf der Grundlage von Lehrplänen oder biomechanisch optimierten Bewegungsstudien geleistet werden kann. Ganz nebenbei: Empirische Befunde zum Schreibverhalten (ZIMMER, 1982; FREYD, 1983) können die von den Lehrplänen vorgeschriebenen Bewegungsabfolgen, die Abbildung 1b zugrunde liegen, Bewegungspathologien erzeugen, entweder durch Störung vorher gegebener effektiver Koordinationsmuster oder durch die Verhinderung des Erwerbs des glatten Schreibflusses wie in Abb. 1c.

Wenn man es als die primäre Aufgabe des motorischen Trainings in der Schule versteht, Prozesse anzuregen, die zu optimalen Bewegungsabläufen führen, bzw. das Erlernen solcher Bewegungsabläufe begünstigen, dann mag die jetzt folgende Argumentation mit ihrer Konzentration auf Fehleranalysen verwundern, doch es lässt sich zeigen, dass zumindest die „guten Fehler“ Ansätze zur individuellen motorischen Kompetenz zeigen und auch „schlechte“ d. h. zufällige Fehler die Identifikation problematischer Lernumgebungen oder -techniken ermöglichen.

Geht man von biomechanischen Analysen z. B. des Geh-Vorganges aus (siehe Abbildung 3), dann liegt es nahe, Fehler wie Stolpern darauf zurückzuführen, dass entweder im Organismus oder aber in der Umwelt Störungen auftreten, die den ansonsten automatisiert ablaufenden Bewegungsvorgang stören. Schon FREUD, (1907, Seite 82) bemerkt dazu: „Sich selbst fallen lassen, einen Fehltritt machen, ausgleiten braucht ... nicht immer als rein zufälliges Fehlschlagen motorischer Aktion gedeutet zu werden.“

Die traditionelle wissenschaftliche Interpretation der motorischen Fehler wird herkömmlicherweise durch zwei sich ergänzende Herangehensweisen charakterisiert: Zum einen werden sie als Bewegungspathologie aufgefasst, die entweder auf überdauernde Variablen wie z. B. „Ungeschicklichkeit“ (KOCH, 1955) bzw. degenerative Beeinträchtigungen des Bewegungsapparats oder auf vorübergehende Zustände wie

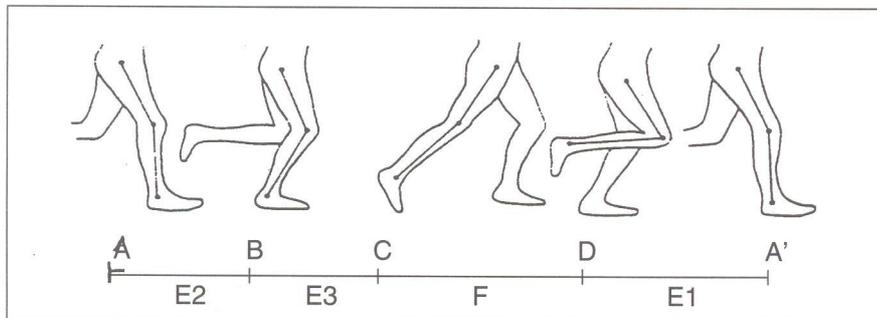


Abb. 3: Philipson Schrittzklus

Unaufmerksamkeit, zurückgeführt wird. Zum anderen kann man sie auf eine unvollständige Bewegungsplanung zurückführen, in der nicht alle Parameter spezifiziert bzw. einige fehlerhaft gesetzt worden sind, oder dass andererseits die Umweltbedingungen nicht so sind, wie sie wahrgenommen werden, bzw. eine plötzliche Veränderung in der Umwelt aufgetreten ist mit der Konsequenz, dass keine erfolgreiche Anpassung der Bewegungsmöglichkeiten des Organismus auf die Verhaltensangebote der Umwelt erfolgen kann (SHAW & TURVEY, 1981).

Diese beiden Herangehensweisen ergänzen sich insofern, als z. B. auf Grund einer genauen Analyse Umweltbedingungen identifiziert werden können, die entweder das Auftreten von Fehlern begünstigen oder aber die Konsequenzen von Fehlern gefährlicher machen. Doch liegt der Nutzen einer solchen Analyse nicht im Fehler selbst, sondern darin, dass der Fehler einen Indikator für Zustände im Organismus bzw. in der Interaktion des Organismus mit der Umwelt darstellt: Ein regelhaft stabiler, d. h. stationärer Zustand mit einer klaren Phasencharakteristik wie z. B. das Gehen, das als parallel gesteuerter Prozess keine Aufmerksamkeit erfordert, wird durch die Singularität z. B. des Stolperns unterbrochen, die automatisch Aufmerksamkeit auf sich zieht und es so dem Organismus nicht nur ermöglicht, kompensatorisch Maßnahmen zu ergreifen wie z. B. das Vorstrecken der Hände, sondern auch die Bedingungen zu reflektieren, die zum Stolpern geführt haben, wie z. B. die Änderung der Lauffläche, die Beschleunigung des Geh tempos oder andere Variablen. Abbildung 4 zeigt die Energieverläufe des Gehens und Laufens in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, dabei ist das „Fenster der Stabilität“ zwischen den senkrechten Pfeilen; nur hier ist ein glatter Übergang von Laufen in Gehen und vice versa möglich, außerhalb dieses Fensters geschieht dies katastrophisch i. S. von THOM (1972), üblicherweise begleitet bzw. initiiert durch Stolpern. M. E. sind für die Analyse der Bewegungssteuerung aber auch die Regionen außerhalb dieses Fensters der Stabilität von Interesse, speziell wenn es sich um spezifische athletische Leistungen

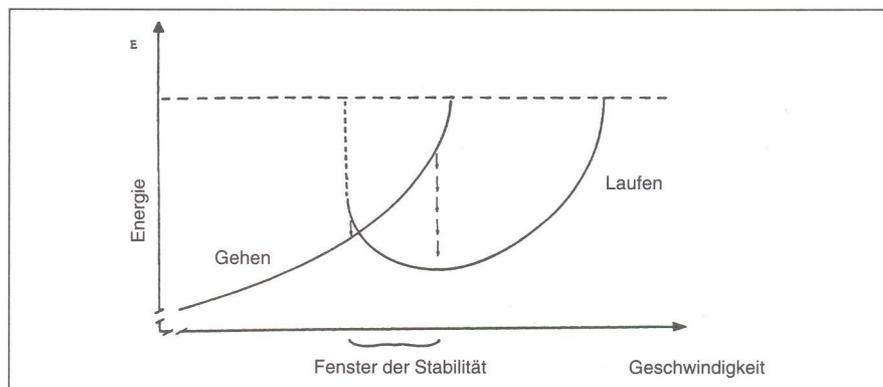


Abb. 4: Übergänge vom Gehen zum Laufen und umgekehrt

handelt, wie z. B. das Umgreifen bei der Riesenfelge, wo eben nicht der „glatte“ Bewegungsablauf optimiert wird, sondern eine Singularität genutzt wird, nämlich die Minimierung der Schwerkraft, die in der senkrechten Position über der Reckstange erreicht wird; die Singularität beim üblichen Fehler unterscheidet sich davon primär, weil sie nicht intendiert ist, sie gleicht ihr darin, dass sie neue Verhaltensalternativen ermöglicht bzw. erfordert.

Meine Absicht ist es, zu zeigen, dass über solche Fehlhandlungen Singularitäten identifiziert werden können, die das Potential für neue Bewegungsfolgen in sich tragen. Man denke z. B. an den Zweikampf im Fußballspiel, wo das scheinbare Stolpern des Ballführenden nicht nur den Gegner täuscht, sondern auch Richtungsänderungen oder Ballabgaben möglich macht, die „unberechenbar“ sind. Diese Singularitäten nutzenden Bewegungsabfolgen sind von ihrer Phänomenologie genau dem entgegengesetzt, was durch den in der Sportpsychologie beliebten Begriff des „flow“-Erlebens gekennzeichnet ist: Während „flow“ formal als Minimum in einer Potentiallandschaft (HAKEN, 1991) darstellbar ist, entsprechen das Umgreifen bei der Riesenfelge bzw. das Stolpern einem Maximum (s. Abbildung 5).

Das Folgende soll nicht primär die Phänomene und Analysen zu diesem von CSIKSZENTMIHALYI (1993) eingeführten Begriff liefern, sondern die Position deutlich machen, wonach motorische Spitzenleistungen durch die Komplementarität von Selbstorganisationsprozessen mit dem Ziel eines möglichst glatten Verlaufs und der in den Ausführungsparametern präzise definierten Ausnutzung von Singularitäten gekennzeichnet sind.

Mihaly CSIKSZENTMIHALYI (1993) beschreibt von der Erlebenseite her einen ganz zentralen Aspekt jeglicher Könnerschaft (oder Expertise, um im Standardvokabular zu verbleiben), nämlich das Gefühl, dass „alles passt“, dass keine bewusste Kontrolle der Einzelteile der Bewegung oder der Subprozesse einer Fertigkeit stattfin-

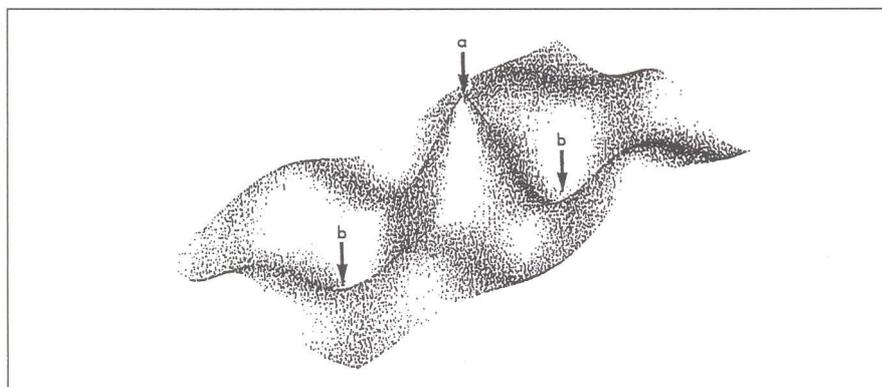


Abb. 5: Potentiallandschaft nach HAKEN (1991) mit einem Maximum (a) und zwei Minima (b)

den müssen, sondern dass man – wie schon von Max WERTHEIMER (1945) beschrieben – dem „Zug zum Ziel folgen kann.“ Begleitet wird dies von einem starken Glücksgefühl, wobei alle Aufmerksamkeit auf einen Punkt, nämlich das Ziel konzentriert ist, und die physischen oder kognitiven Anstrengungen bei der Durchführung oder Kontrolle nicht mehr als solche erlebt werden, sondern eben als „flow“. Dies ist ein Aspekt, der in den klassischen Analysen zum Expertentum, beginnend mit DE GROOT (1965) oder CHASE & SIMON (1973) gar nicht berichtet wird. Diesem Defizit einer kognitiven, oder besser: kognitivistischen Herangehensweise an das Expertensein steht vielfach das Problem mangelnder Bestimmtheit und Klarheit in emotionstheoretischen Ansätzen und Ansätzen der parallelen Verarbeitung gegenüber, denn auch in ihnen wird nicht expliziert, was denn eigentlich den emotionalen Zustand „flow“ verursacht. Analysiert man die Metapher, die hinter „flow“ steht, als das Schwimmen im Fluss der aufgabenimmanenten Kräfte, wie es ja auch in Wertheimer's „Zug zum Ziel“ zum Ausdruck kommt, dann kann man dies am ehesten in wissenschaftlichen Termini der Synergetik rekonstruieren, wo nämlich in einem Potentialfeld Minima aufgesucht werden, dabei werden lokale Minima dadurch vermieden, dass zufällige Turbulenzen, d. h. die motorische Variabilität i. S. von STELMACH & DIGGLES (1982) genutzt werden.

An dieser Stelle wird jedoch deutlich, dass die implizite Bedeutung der Metapher „flow“ irreführend ist, denn eine emotional positive Bewertung taucht ja eben nicht nur dort auf, wo im Sinne der Synergetik ein stabiler Ruhezustand erreicht wird, sondern auch bei der entgegengesetzten Form von Singularität, nämlich dem Maximum, wo alle Kontrollparameter auf einen konstanten Wert fixiert sein müssen und keinerlei Variabilität auftreten darf. Diesem Maximum entspricht im Sport eine Spitzenleistung, die nur dann zustande kommt, wenn intern gesetzte Parameter und äußere Randbedingungen optimal zusammentreffen, Beispiele dafür reichen vom „perfekten“ Aufschlag beim Tennis bis zum dreifachen Rittberger im Eiskunstlauf oder Ähnlichem. Will man also in wissenschaftlichen Termini rekonstruieren, was unter diesem Zustand positiver emotionaler Bewertung zu verstehen ist, der irreführend mit „flow“ identifiziert wird, aber so sehr die Intuitionen des Praktikers trifft, oder will man es empirisch greifbar machen, dann muss man von zwei polar entgegengesetzten Extrempositionen der motorischen Realisierung ausgehen, die beide von dieser Emotion begleitet sein können, nämlich dem Erfolg durch das Erreichen eines stabilen Zustandes, der auch durch externe Störungen nicht gestört werden kann, und der Optimalkombination interner und externer Kräfte zu einer Singularität; die sich dadurch auszeichnet, dass durch minimale Veränderungen ganz unterschiedliche Zielzustände zustande kommen können.

Im Weiteren wird es also darum gehen, die Bedingungen für die Erreichung dieser Extrempositionen zu definieren und zu überprüfen, welche Beziehung zwischen dem Zustand des vom „flow“-Erleben begleiteten Erfolges zu dem durch Fehler verursachten Misserfolg besteht, und es wird sich dabei zeigen, dass es sich hier nicht um diametral entgegengesetzte Positionen handelt, sondern um außerordentlich nah Verwandtes. So ist die Fehlertendenz des „strong but wrong“ durchaus als

Beispiel für die allerdings nicht zielführende Minimumsuche im Modell der Synergetik zu verstehen; diese liegt z. B. vor, wenn ein Tennisspieler „unter Druck“ auf Bewegungsabfolgen zurückfällt, die er am häufigsten oder am frühesten trainiert hat, die aber in dieser Situation inadäquat sind, oder wenn ein Jollensegler bei starkem Wind nicht die Extremposition im Trapez einnimmt, sondern sich unwillkürlich der „sicheren“ Bordwand nähert.

Wenn man Fehler ganz allgemein als Abweichung vom Ziel definiert, und die Größe des Fehlers durch die Distanz zum Ziel definiert, dann vermischt man zwei grundlegende Aspekte des Fehlers und nimmt sich damit die Möglichkeit, die Ursachen des Fehlers genauer zu analysieren und Methoden zu seiner Abstellung zu entwickeln; schon CHAPANIS (1967, siehe Abb. 6) hat deutlich gemacht, dass Fehler zum einen darauf zurückgeführt werden können, dass die Handlungsausführung nicht perfekt zuverlässig ist, d. h. zufällig variiert, und zum anderen darauf, dass systematisch vom Ziel abgewichen wird.

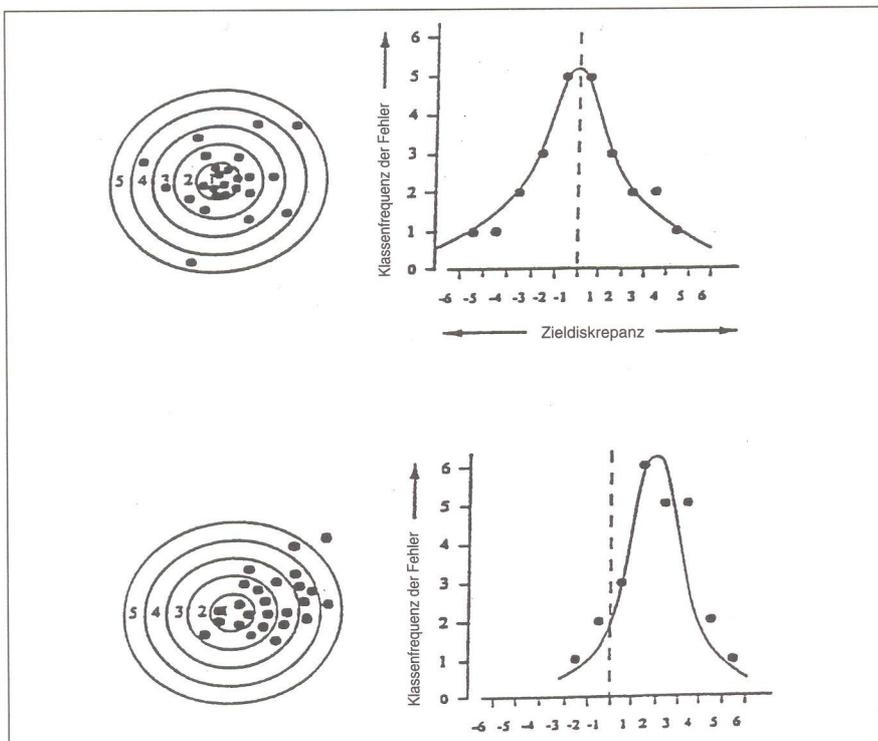


Abb. 6: (a) zufällige Fehler; (b) systematische Fehler

Fehler der ersten Art kann man durch Training mit permanenter Rückmeldung leicht beheben, da es sich hier nur darum handelt, die Bewegungsparameter im Sinne von SCHMIDT (1975) genauer zu spezifizieren, bzw. für den Fall, dass diese Variationen durch Ermüdung oder Aufmerksamkeitsschwankungen verursacht sind, durch Pausen. Die systematischen Fehler erfordern eine genauere Analyse der externen und internen Handlungsbedingungen; externe Bedingungen können z. B. Eigenschaften des Wurfgerätes, von Hilfsmitteln etc. sein, während innere Bedingungen durch das „kognitive Bewegungsmodell“ oder Schemata („Recall Schema“ nach SCHMIDT, 1975) charakterisiert sind. Wie die Untersuchungen von WULF, SCHMIDT, DEUBEL (1993) gezeigt haben, erfolgt eine Verbesserung in diesem Bereich am ehesten dann, wenn nur in etwa 50% aller Fälle Rückmeldung gegeben wird, wodurch der Schüler angeregt wird, eigene Hypothesen über die Beziehung zwischen internem Bewegungsmodell und der Handlungsausführung zu generieren. Wie Abbildung 5 zeigt, kann ein systematischer Fehler mit einer hohen Zuverlässigkeit assoziiert sein. Da in diesem Falle die fehlerfreie Reaktion außerhalb des Bereichs der natürlichen Variabilität liegt, ist durch einfache Rückmeldung dieses Fehlverhalten nicht abzustellen.

Neben den bisher analysierten Fehlern, die genauso für den Sportunterricht wie auch das Training von Hochleistungsathleten bedeutsam sind, haben „katastrophische“ Fehler eine ganz besondere Bedeutung, nämlich solche, die zu Unfällen führen. Gerade aus der Sicht des Lehrers hat die Vermeidung von Unfällen hohe Priorität, und es ist daher unter dem Aspekt der Sicherheit noch zu fragen, wie Bedingungen geschaffen werden können, die insofern „fehlerfreundlich“ sind, als sie verhindern, dass aus „normalen“ Fehlern „katastrophische“ Fehler werden, aber gleichzeitig das Auftreten von „guten Fehlern“ nicht verhindern, die ja Voraussetzung für den Erwerb einer breiten motorischen Kompetenz sind. REASON (1990) hat die Rahmenbedingungen für sicheres und nicht sicheres Verhalten in Organisationen wie z. B. der Industrie analysiert; auf den Sport übertragen zeigt Abb. 7 die Rahmenbedingungen für ein Training, das Unfälle vermeidet, und Abb. 8 illustriert das Zustandekommen von Unfällen.

Die Kreise in den einzelnen Ebenen der Rahmenbedingungen in Abbildung 8 geben an, wo in diesen jeweils katastrophisches Fehlermaterial steckt. Aber nur wenn das katastrophische Fehlermaterial aller Randbedingungen zusammentrifft (symbolisiert durch gerade Verbindungslinie) kommt es dazu, dass das „Fenster für fatale Ausgänge“ erreicht wird. Dies macht intuitiv deutlich, warum der Unfall ein schlechter Indikator für die Güte der Gestaltung von Handlungsrandbedingungen ist, weil nämlich nur eine bestimmte „unglückliche Verkettung“ von Fehlern auf mehreren Stufen zu diesem fatalen Ausgang führt. Aus diesem Grunde sollte bei der Gestaltung von Rahmenbedingungen darauf geachtet werden, dass auf jeder Ebene fehlerkorrigierende bzw. fehlerabfangende Mechanismen oder Instrumente eingebaut sind.

Konzentriert man sich beim motorischen Lernen auf Singularitäten, wie sie entweder durch Fehler ausgelöst worden sind, oder direkt angestrebt werden, dann erge-

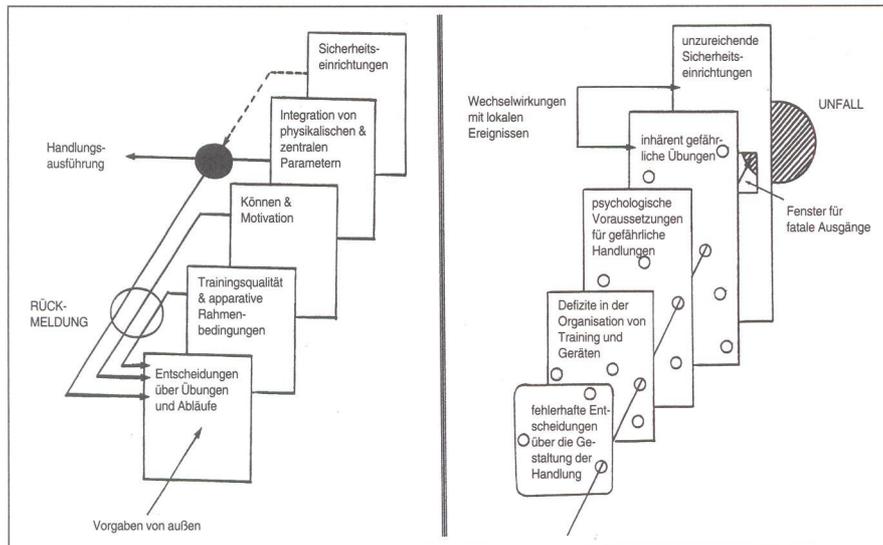


Abb. 7: Randbedingungen und Bedingungen für sicherheitsorientierte Situationen im Sport; modifiziert nach REASON (1990) Abb. 8: Randbedingungen und Bedingungen für Unfallverursachung im Sport; modifiziert nach REASON (1990)

ben sich für die Handlungsplanung im Sport drei Probleme, die sich in die folgenden Thesen fassen lassen:

1. Beim Auftreten von Singularitäten kommt es zu einem Auseinanderfallen vom bewussten (Selbst-)Beobachter und vom automatischen Akteur; was „gekonnt“, also automatisiert ist, kann nicht selbstbewusst beobachtet werden.
2. Die gewählte Lehr- bzw. Trainingsmethodik interagiert mit dem Auftreten von Singularitäten; so ermöglicht eine Vorgehensweise, die ausschließlich auf die Reduktion von zufälligen Abweichungen ausgerichtet ist, keinen konstruktiven Umgang mit systematischen Fehlern, aus diesem Grunde kann es auftretende Singularitäten nicht nutzen.
3. Es entsteht das Stabilitäts-Plastizitäts-Dilemma, demnach nur soviel Präzision in der Bewegungsausführung angestrebt werden sollte, dass noch hinreichend Variabilität erhalten bleibt, um das Auftreten neuer Formen der Bewegungsorganisation oder Transfer zu ermöglichen.

Zu These 1:

Das Auseinanderfallen von bewusster Beobachtung und automatischer Handlungsdurchführung entspricht dem Gabelungsvorgang, der z. B. in der Formwahrnehmung auftritt: In Abbildung 9 wird unabhängig vom Netzhaubild die Reizvorlage jeweils als Quadrat identifiziert, allerdings bestimmt die Abweichung des Netzhaubilds

bildes von dem mittels Formkonstanz identifizierten Quadrat die automatische (Selbst-)Lokalisation des Wahrnehmenden im Bezug auf den Reiz; wenn man so will, werden hier parallel die Wahrnehmung des WAS und des WIE gegabelt mit dem Resultat, dass über die bewusste Objektsubstanz die unbewusste Spezifikation der räumlichen Gegebenheiten geleistet wird.

Wie sehr die Wahrnehmungsleistung von nicht bewusst werdenden Kontexteinflüssen determiniert wird, zeigt Abbildung 10; während in Abbildung 9 unterschiedliche Netzhautbilder zur Wahrnehmung der gleichen Form geführt haben, resultieren hier aus identischen Netzhautbildern unterschiedliche Wahrnehmungsdinge (oben B und unten 13).

Genauso wie in diesen Beispielen der Wahrnehmungspsychologie die inhärente Multistabilität hinsichtlich der Beziehungen zwischen Reizvorgabe und +Wahrnehmungsding nur dann bewusst wird, wenn die Situation wie hier exakt analysiert wird, bestehen auch im Sport die alternativen Möglichkeiten in dem analytischen Herangehen einerseits und dem Provozieren von Singularitäten andererseits, wie z. B. einer derartigen Beschleunigung des Gehvorganges, dass Stolpern auftritt, wodurch z. B. dann erst der Zugang zur Bewegungsorganisation des wettkampfge-
mäßigen Gehens möglich wird.

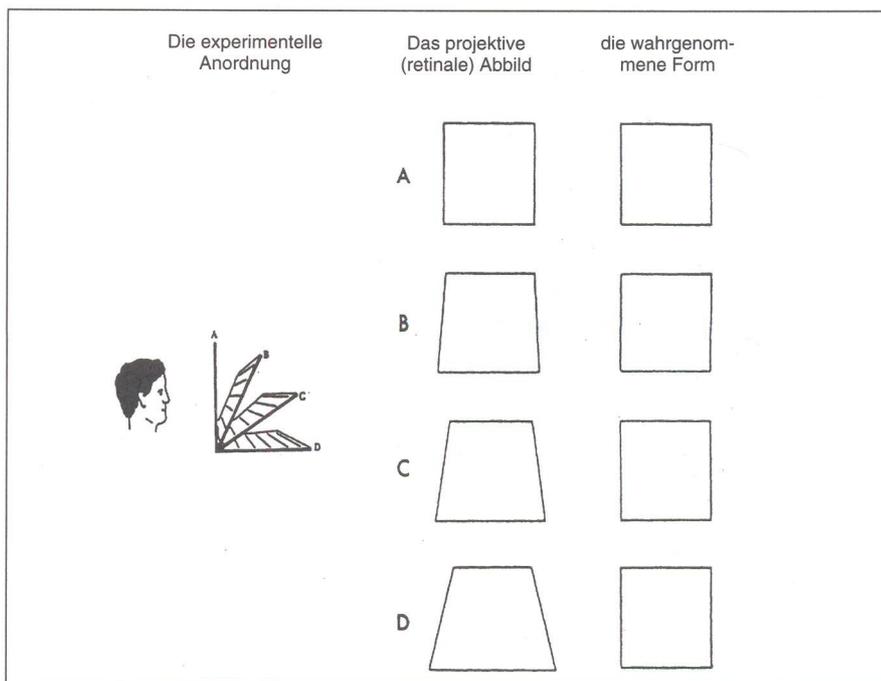


Abb. 9: Versuchsbedingungen für Formkonstanz

A, B, C, D, E, F
10, 11, 12, 13, 14

Abb. 10: Kontextabhängigkeit der Wahrnehmung

Zu These 2:

Die kritischen Interaktionen zwischen der Organisation des Lernvorganges bzw. der Bewegungsabfolge und der Möglichkeit des Auftretens von Singularitäten scheint ausgeschlossen werden zu können, wenn man die anzustrebende Bewegung als optimale Kooperation von Bewegungsmöglichkeiten des Schülers und Bewegungsangeboten der Umwelt (SHAW & TURVEY, 1981) fasst, wie es schon 1681 BORELLI in seiner Untersuchung des Bewegungsverhaltens von Lebewesen vorweggenommen hat (siehe Abbildung 11).

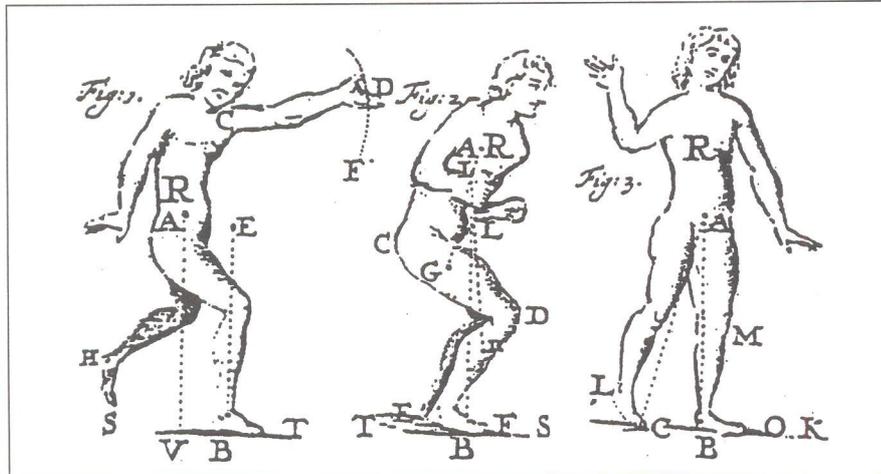


Abb. 11: Aus G. A. BORELLI (1681) *De motu animalium*

Damit jedoch eine solche Kopplung erfolgreich funktionieren könnte, wäre es notwendig, alle Freiheitsgrade so zu determinieren, dass das implizite Mehr-Pendel-Modell bei BORELLI nicht in katastrophische d.h. nicht vorhersehbare Zustände geraten könnte. Schon Zwei-Pendel-Modelle können in solche Zustände geraten, was sich nur verhindern lässt, wenn nicht nur das einzelne Pendelverhalten, sondern auch die Interaktion zwischen den Pendeln gesteuert wird. Man kann sich angesichts der über siebenhundert Freiheitsgrade des menschlichen Körpers daher leicht verdeutlichen, dass eine erfolgreiche Regelung auf diese Weise auch theoretisch unmöglich erscheint. Praktisch taucht dieses Problem jedoch deshalb nicht auf, weil mittels des Versklavungsprinzips der Synergetik (HAKEN, 1991) sichergestellt ist, dass nur ein bzw. wenige Ordnungsparameter ausreichen, um ein höchst komplexes synergetisches System zu steuern; in ZIMMER & KÖRNDLE (1994, siehe Abbildung 12) findet sich das Beispiel der Marionette, die ein komplexes Arm-Bein-Bewegungsmuster zeigt, das jedoch nur von einem einzigen Freiheitsgrad gesteuert wird. Die Identifikation des jeweils entscheidenden Freiheitsgrades und die Bestimmung, ob es sich dabei um ein Maximum oder Minimum in der Potenziellandschaft handelt, ist Aufgabe der entsprechenden Übungsmethodik. Folgt diese z. B. dem Flow-Prinzip, dann können prinzipiell keine Ordnungsparameter gefunden werden, die

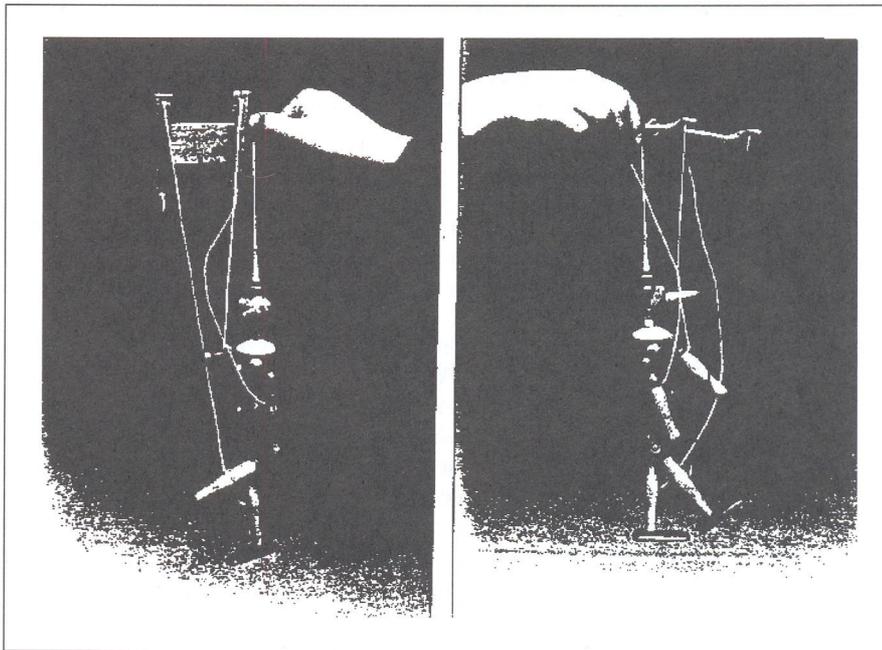


Abb. 12: Eine Marionette in zwei Phasen der Geh-Bewegung

einem Maximum entsprechen, wie z. B. der Ordnungsparameter, der das Umgreifen bei der Riesenfelge determiniert.

Die entsprechenden Trainingsmethoden lassen sich noch weiter spezifizieren: Prinzipiell kann man Lernvorgänge in primär additive und primär differenzierende unterscheiden. Bei den ersteren geht die Entwicklung vom Einfachen zum Komplexen, allerdings mit der Konsequenz, dass die Anfangsbedingungen kritisch sind, d. h. anfängliche Fehler „explodieren“. Dieser Lernvorgang, der in der Sportwissenschaft häufig als sensu-motorisches Lernen (VOLPERT, 1971) bezeichnet worden ist, impliziert auf der einen Seite die prinzipielle Lernbarkeit jeder beliebigen Kombination von Bewegungselementen, und auf der anderen Seite die kritische Abhängigkeit von unverzüglicher, konsistenter und permanenter Rückmeldung.

Das Lernen durch Differentiation geht vom Ungeformten zum Geformten, also im Sinne des Ansatzes von KLEMM (1930) von einem Bewegungskomplex zu einer Bewegungsgestalt; demgemäß haben OESER (1933) und STEGER (1938) gezeigt, dass beim Speer- bzw. Diskuswurf die exponentielle Beschleunigung den Gestaltcharakter der Bewegung darstellt; in moderner Terminologie stellt die Funktion der exponentiellen Beschleunigung den Attraktor für die Bewegung dar. Im Gegensatz zum additiven Lernen ist es beim differenzierenden Lernen möglich, Selbstorganisationsvorgänge bzw. die von LOOSCH (1990) beobachtete Variabilität in Bewegungsteilen bei Konstanz in der Gesamtbewegung zu modellieren.

Die additive und differenzierende Form des Lernens dürfen nicht als alternativ missverstanden werden, sondern sie sind komplementär, d. h. ein guter Trainingsaufbau enthält sowohl additive wie auch differenzierende Anteile, die ersteren zur Erreichung exakterer Bewegungsparameter, die zweiten zur Erreichung einer grundlegenden Bewegungsorganisation.

Zu These 3

Ein vergleichsweise geringes Abweichen von perfekter Zuverlässigkeit ist sowohl für die Koordination der Bewegungen in Bezug auf sich eine ständig verändernde Umwelt wie auch für das Erwerben neuer bzw. den Transfer alter Bewegungen von Bedeutung.

Die Konsequenzen dieses Resultats für das Bewegungslernen haben ZIMMER (1990) und KÖRNDLE & ZIMMER (1994) gezeigt: Wenn man die Fahrbewegung beim Pedalo durch Taktvorgaben so verlangsamt, dass beim Fahren auf glattem Boden Singularitäten auftreten, sich also das Mensch-Pedalo-System in den Phasenextrema fängt, dann lässt sich dieser Zusammenbruch an Bewegungskoordination dadurch auffangen, dass man künstlich Störungen induziert, entweder durch die Verwendung nicht perfekt runder Räder, wobei allerdings diese Abweichungen bei den sechs Rädern nicht korreliert sein dürfen, oder dadurch, dass man auf einer rauheren Oberfläche fährt. Abbildung 13 zeigt die entsprechenden Phasendiagramme mit (a) und ohne (b) Störung.

Das Auftreten bzw. die Beobachtbarkeit von Singularitäten wird allerdings dadurch beeinträchtigt, dass – wie ZIMMER & FUCHS, (1995) gefunden haben – systematische

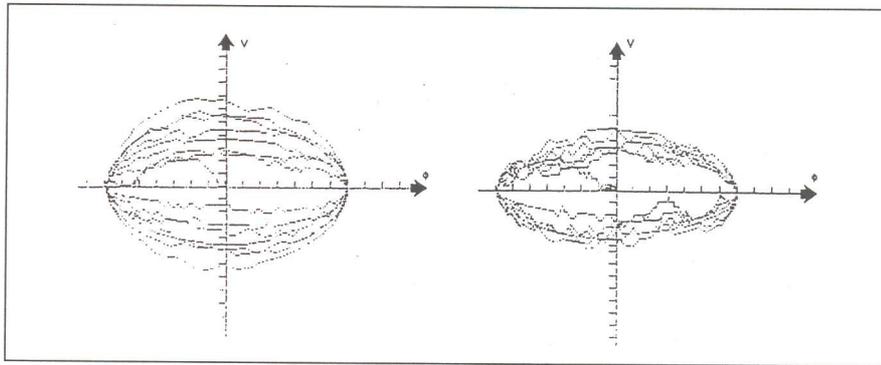


Abb. 13: Phasendiagramme (V in Abhängigkeit von Φ) für das Pedalofahren:
 – mit externer Störungen (unregelmäßiger Pflasterboden)
 – auf glattem Untergrund

Unterschiede zwischen Schülern darin bestehen, wie sie ihre Zeit auf Handlungsplanung und Handlungsausführung verteilen. Dem klassischen Handlungsmodell, wie es z. B. von REASON (1990) beschrieben wird, entspricht die Trennung in eine serielle Planungsphase und eine serielle und teilweise auch parallele Handlungsausführung. Daraus folgt, dass die Komplexität der auszuführenden Handlung die Zeitdauer für die Planungsphase determiniert, wie es im additiven Faktormodell STERNBERGS (1969) oder SANDERS (1980) postuliert wird. Diese Regelmäßigkeit des Zusammenhanges zwischen Komplexität und zeitlichem Planungsbedarf zeigt sich, wenn die motorische Handlung im Aussprechen von mehreren Buchstaben oder Zahlen besteht. Wenn man allerdings zur motorisch komplexeren Aufgabe des Schreibens übergeht, findet sich keine Regelmäßigkeit des Zusammenhanges, die für alle Versuchspersonen gilt, stattdessen unterscheiden sich die Schüler signifikant dadurch, wie und wann sie planen (ZIMMER & FUCHS, 1995, siehe Abbildung 14).

Vergleicht man jedoch die Ausführungszeiten für Sprechen und Schreiben, dann stellt sich beim Schreiben heraus, dass die Ausführungszeiten mit der Anzahl der auszuführenden Einzeltätigkeiten nicht-linear ansteigen. Dies spricht dafür, dass zumindest einige Versuchspersonen während der Ausführungszeit planen, entweder parallel oder abwechselnd in einer Art von „Multiplexing“. Ein solches Planungs- und Ausführungsverhalten lässt sich als opportunistisch bezeichnen, weil die Aufteilung des Zeitbudgets für die Planung nicht systematisch erfolgt, sondern immer dann geplant wird, wenn die auszuführende Aufgabe nicht die vollen Aufmerksamkeitsressourcen auf sich zieht. Für die Trainingspraxis ist aus diesen Ergebnissen die Konsequenz zu ziehen, dass für die Optimierung einer Einzelbewegung weder ein fester Zeitrahmen noch eine fixierte Taktvorgabe sinnvoll sind, sondern dass man den Lernenden darin unterstützen sollte, „seine Zeit“ zu finden bzw. „seine

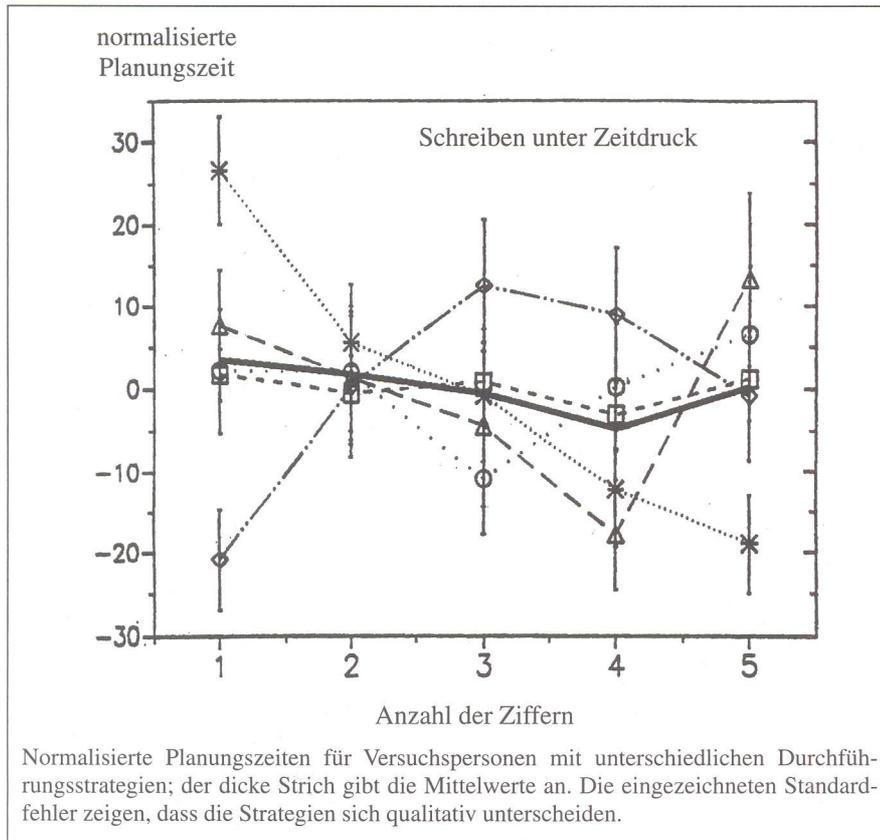


Abb. 14: Individuelle Unterschiede im Planungsverhalten für unterschiedlich komplexe Aufgaben

Strategie“ für die Aufteilung seines Zeitbudgets. Nur wenn dies geschieht, kommt es nicht zu einer Interaktion von Zeit oder Rhythmus mit der Bewegung, die zu einer Unterdrückung oder zumindest Unbeobachtbarkeit von Singularitäten führen kann.

1. Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus den Ausführungen ziehen?
2. Beim Bewegungslernen sollte der Focus auf die Komplementarität zwischen bewusst Beobachten und automatisch Ausführen gelegt werden.
3. Auftretende Störungen sollten daraufhin analysiert werden, inwieweit sie Hinweise auf Singularitäten bieten, die für den Erwerb neuer oder den Transfer alter Bewegungsmuster entscheidend sein können.
4. Variabilitäten sollten gezielt eingesetzt werden, um eine nicht in der Detail-, sondern in der Gesamtbewegung stabile Ausführung zu erreichen.

Literatur

- BORELLI, G. A. (1734). *De motu animalium*. Neapel.
- CHAPANIS, A. (1967). Theory and method for analyzing errors in man-machine systems. *Annals of the New York Academy of Science*, 51, 1179–1203.
- CHASE, W. G. & SIMON, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55–81.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1993). *Das Flow-Erlebnis*. Stuttgart.
- FREUD, S. (1907 hier: 1954). *Psychopathologie des Alltagslebens*. Frankfurt/Main.
- FREYD, J. (1983). *Dynamic mental representations and apparent accelerated motion*. University Stanford. Diss.
- GROOT, A. D. DE (1965). *Thoughts and Choice in Chess*. The Hague.
- HAKEN, H. (1991). *Synergetic computers and cognition*. Berlin.
- HAKEN, H. (1990). Synergetics as a tool for the conceptualization and mathematization of cognition and behavior – how far can we go? In H. HAKEN & M. STADLER (Eds.), *Synergetics of cognition*. Berlin.
- KLEMM, O. (1930). *Wahrnehmungsanalyse*. Berlin.
- KOCH, L. W. (1955). *Zur Phänomenologie der motorischen Ungeschicklichkeit*. Wageningen.
- LOOSCH, E. (1990). *Ganzheitsprinzip und Variabilität in der Motorik*. Kassel.
- OESER, M. (1933). Über den Speerwurf. *Neue psychologische Studien*, 9, 209–234.
- RASMUSSEN, J. (1983). What can be learned from human error reports? In K. D. DUNCAN, M. M. GRUNBERG & D. WALLIS (Eds.), *Changes in working life*. New York.
- REASON, J. (1990). *Human error*. Cambridge.
- SANDERS, A. F. (1980). Stage analysis of reaction processes. In G. E. STELMACH & J. REQUIN (Eds.) *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam.
- SHAW & TURVEY (1981). Coalitions as models for ecosystems: A Realist perspective on perceptual organization. In M. KUBOVY & J. R. POMERANTZ (Eds.), *Perceptual Organization*. Hillsdale.
- SCHMIDT, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225–260.
- SCHNEIDER, W. & SHIFFRIN, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search and attention. *Psychological Review*, 84, 1–66.
- STEGER, G. (1938). Über den Diskuswurf. *Neue Psychologische Studien*, 9, 351–382.
- STERNBERG, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, 30, 276–315.
- STELMACH, G. E. & DIGGLES, V. A. (1982). Control theories in motor behavior. *Acta Psychologica*, 50, 83–105.
- TEMPLER, J. A. (1992). *The Staircase. History and theories*. London.
- THOM, R. (1972). *Stabilité structurelle et morphogénèse*. New York.
- TOOBY, J. & COSMIDES L. (1992). The psychological foundations of culture. In J. H. BARKOW, L. COSMIDES & J. TOOBY (Eds.) *The adapted mind*. Oxford.
- VOLPERT, W. (1971). *Sensumotorisches Lernen. Training und Beanspruchung, 1*. Frankfurt.
- WERTHEIMER, M. (1945). *Productiv Thinking*. New York.
- WULF, G., SCHMIDT, R. A., & DEUBEL, H. (1993). Reduced feedback frequency enhances generalized motor program learning but not parameterization learning. *Journal of Experimental Psychology: Memory and Cognition*, 19, 1134–1150.

- ZIMMER, A. (1982) Do we see what makes our script characteristic - or do we only feel it? Modes of sensory control in handwriting. *Psychological Research*, 44, 165–174.
- ZIMMER, A. (1990). Der Erwerb komplexer motorischer Fertigkeiten. In Graf HOYOS & B. ZIMOLONG (Hg.) Enzyklopädie der Psychologie. Serie: Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Bd. 2: Ingenieurpsychologie. Göttingen, Hogrefe. 148–177.
- ZIMMER, A. & FUCHS, H. (1995). *The time course of motor action – allocation of time in preparing to act. Annual meeting of the Psychonomic Society, Los Angeles.*
- ZIMMER A. & KÖRNDLE, H. (1994). A Gestalt theoretic account for the coordination of perception and action in motor learning. *Philosophical Psychology. Special issue: Gestalt*. 7, 249–265.