

*Individualisierung von Feedback bei sportlichen Bewegungsaufgaben*

## EINFÜHRUNG

Situationen, in denen Lernende über die Qualität ihrer Bewegungsausführung informiert werden, findet man tagtäglich, wenn es um das Erwerben, Variieren und Automatisieren von Bewegungen geht. Der Lernende führt Bewegungen aus, erhält von einem Außenstehenden Informationen über die Qualität seiner Bewegungsausführung und bekommt in der Regel Korrekturanweisungen für den nächsten Bewegungsvollzug. Der dabei ablaufende Kommunikationsprozeß zwischen Lehrendem und Lernendem wird durch verschiedene Variablen beeinflusst, die von der KR-Forschung schon vielfach bearbeitet worden sind. Eine dieser Variablen ist die KR-Frequenz, die die Häufigkeit von Rückmeldungen während eines Lernprozesses angibt. Im Zusammenhang mit dieser Variablen treten einige Fragen und Probleme auf. So könnte es z.B. fraglich sein, ob eine Information nach jeder Bewegung zu einem optimalen Lernergebnis beiträgt oder ob nicht sogar weniger Information bessere Ergebnisse hervorbringen könnte. Das konkrete Problem entsteht in diesem Fall aus der Unsicherheit über die optimale Verwendung der Variablen Informationsfrequenz. Eigene Beobachtungen in der Lehrpraxis verstärken den Eindruck, daß die Verwendung der Informationsvariablen meist sehr unbewußt und unkritisch erfolgt. So findet man z.B. im Zusammenhang mit der Informationsfrequenz oft den auch im Beispiel beschriebenen Trend zu einer möglichst häufigen Information des Lernenden, in dem Glauben, daß mehr Information auch mehr Lernen erzeuge. "Die Ansicht, daß Rückmeldungen möglichst häufig gegeben werden sollten, kommt z.B. bei MARTIN, CARL, & LEHNERTZ (1991) zum Ausdruck, indem sie das Wesensmerkmal des 'erarbeitenden Übens' zu Beginn des Techniktrainings als 'ständige(n) Informationsaustausch zwischen Sportlehrer/in und Sportler/in auf der Grundlage äußerer Rückkopplung' beschreiben (S. 69;...)" (WULF 1992, 12).

Untersuchungen zum Einfluß von verschiedenen KR-Variablen sind für den Bereich der Sportwissenschaft in verschiedenen Überblicksartikel zusammenfassend dargestellt (vergl. NEWELL 1974; SALMONI, SCHMIDT, & WALTER 1984; MECHLING 1986). Insbesondere SALMONI, SCHMIDT, & WALTER (1984) bewirkten eine Neuinterpretation von verschiedenen KR-Variablen, weil sie die Bedeutung von Retentionstests und damit den Einfluß von KR auf Lerneffekte herausstellten. Dies führte z.B. zu der Hypothese, daß hohe relative KR-Frequenzen in Aneignungsphasen zwar zu verbesserten Leistungen führen, das langfristige Lernergebnis in Retentionstests aber negativ beeinflusst wird (SALMONI, SCHMIDT, & WALTER 1984, 378; vergl. JOHNSON, WICKS, & BEN-SIRA 1981).

Gesicherte Erkenntnisse zum Einfluß der Informationsvariablen liegen vor, rekrutieren sich aber zum überwiegenden Teil aus kleinsten oder besser teilkörperlichen Bewegungsaufgaben wie z.B. Linienziehen oder einfachen Positionierungsaufgaben (SALMONI, SCHMIDT, & WALTER 1984; MECHLING 1986; DAUGS 1986).

Die Übertragung von Forschungsergebnissen aus Untersuchungen mit teilkörperlichen Bewegungsaufgaben auf das motorische Lernen im Sport, das meist mit Ganzkörperbewegungen erfolgt, ist nicht unproblematisch (vergl. zur externen Validität ROTH 1990, 281). Die häufig verwendeten Positionierungs-, Timing- oder Trackingaufgaben erfordern nur kurze und präzise Bewegungen von einzelnen

Teilsegmenten des Körpers. Die Zahl der Freiheitsgrade ist relativ gering, insbesondere dann, wenn nur Bewegungen in einem Gelenk untersucht werden (vergl. zum Problem der Freiheitsgrade auch BERNSTEIN 1967; HEUER 1983, 18f; SCHMIDT 1988, 193f). Sportmotorische Fertigkeiten zeichnen sich aber in vielen Fällen durch die gleichzeitige Bewegung von verschiedenen Teilsegmenten des Körpers und damit durch weitaus komplexere Regulationsanforderungen und eine erheblich größere Zahl von Freiheitsgraden aus. Die höheren Anforderungen an die Bewegungsregulation entstehen, da eine größere Anzahl von Muskeln koordiniert werden muß. Es ist daher fraglich, ob eine Anwendung von Untersuchungsergebnissen aus teilkörperlichen Aufgaben mit wenigen Freiheitsgraden auf ganzkörperliche Bewegungen mit einer größeren Zahl von Freiheitsgraden gerechtfertigt ist. Eine Übertragung derartiger Forschungsergebnisse muß in jedem Fall kritisch gesehen werden und bedarf einer empirischen Überprüfung. "Ein Vergleich mit sportmotorischen Lern-Situationen zeigt, daß hier in der Regel komplexe Ganzkörperbewegungen mit unterschiedlichen Graden an 'Offenheit', d.h. situativer und motorischer Variabilität (WILLIMCZIK & ROTH, 1983; ROTH, BREHM & WILLIMCZIK, 1983; BREHM, 1989) in einer Gruppenlernatmosphäre mit ihren spezifischen Bedingungen (u.a. Interaktionen, KR-Verzögerungen) erlernt werden. Die empirischen Befunde sind also nicht generell übertragbar, da meist mangelnde externe Validität und mangelnde Komplexität der Untersuchungen festgestellt werden muß" (WIEMEYER 1992, 10; vergl. auch ROTH 1990, 281).

#### ZUR INFORMATIONSFREQUENZ

Zur Gestaltung der Informationsfrequenz lassen sich aus der closed-loop-Theorie von ADAMS (1971) und der Schema-Theorie nach SCHMIDT (1975) einige Hypothesen ableiten. Die Aussagen der closed-loop-Theorie bezüglich des KR können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. KR hat sehr große Bedeutung zu Beginn eines Lernprozesses, wenn es um die Ausbildung einer perzeptiven Spur geht,
2. KR ist immer dann notwendig, wenn die intrinsischen Informationen nicht ausreichen, um eine sinnvolle Bewegungskorrektur zu initiieren,
3. in frühen Lernstadien sollten keine KR-freien Versuche eingesetzt werden, da sie einen negativen Einfluß auf das motorische Lernen haben (vergl. ADAMS 1971; DAUGS 1991).

Die Schema-Theorie postuliert gute Lernergebnisse nach einer möglichst häufigen Bereitstellung von KR-Informationen, da sich dadurch die Ausbildung des recall- und recognition-Schemas beschleunigt. Der Lernende erreicht eine verbesserte Eigenkorrekturfähigkeit und ist in der Lage, Bewegungsparameter qualifizierter zu kalkulieren und Programme adäquater auszuwählen (vergl. SCHMIDT 1975).

Untersuchungen zur Informationsfrequenz zeigen jedoch Ergebnisse, die sich zum Teil konträr zu den obigen theoretischen Ableitungen verhalten. Von besonderem Interesse sind hier die Untersuchungen, die mit konstanter Versuchszahl und variiertem relativer Frequenz arbeiten, da dies der Praxissituation am nächsten kommt. So fanden MC GUIGAN (1959), BAIRD & HUGHES (1972), JOHNSON, WICKS, & BEN-SIRA (1981), PÖHLMANN & BERNIEN (1981), WINSTEIN (1988), WULF & SCHMIDT

(1989), WINSTEIN & SCHMIDT (1990), LEE, WHITE, & CARNAHAN (1990), HILLEBRECHT (1992) und WULF, SCHMIDT, & DEUBEL (1992) in ihren Arbeiten bessere Lernergebnisse in Retentionsphasen bei Gruppen mit niedrigen Informationsfrequenzen. Wenn diese Ergebnisse auch nicht immer signifikant waren, so zeigten sich zumindest Trends mit positiven Lernergebnissen für Gruppen mit niedrigerer Frequenz. MARSCHALL (1991), der eine großräumige Bewegungsaufgabe verwendete, konnte keine Vorteile für Gruppen mit verringerter KR-Frequenz feststellen. HILLEBRECHT (1992) fand bei Untersuchungen mit zwei großräumigen Bewegungen zwar keine signifikanten Vorteile von verringerten relativen Frequenzen konnte aber zumindest Trends, die für bessere Lernergebnisse bei verringerter Informationsfrequenz sprechen, zeigen.

Bei allen genannten Experimenten wurden die Informationsfrequenzen systematisch variiert. Bei derartigen Variationen werden die individuellen Voraussetzungen und Situationen des Probanden allerdings nicht bzw. nur ungenügend berücksichtigt. Eine Informationsfrequenz wird dem Probanden von außen "übergestülpt", was aber nicht heißen muß, daß diese für ihn tatsächlich immer optimal wirkt. Eine entscheidende Frage ist demnach, in welchen Situationen Außeninformationen für das Individuum unbedingt notwendig sind, um den Lernverlauf zu beschleunigen und wann derartige Informationen unterbleiben können. Erste Überlegungen dazu sind in der weiter oben beschriebenen Aussage der closed-loop-Theorie zu finden, daß KR immer dann notwendig wird, wenn die intrinsischen Informationen nicht ausreichen, um eine sinnvolle Bewegungskorrektur zu initiieren.

Aus den bisherigen Überlegungen sollen im folgenden vier Situationen abgeleitet werden, in denen Informationen von außen wichtig sein könnten bzw. entfallen können:

1. Der Lernende stellt selbst keine Fehler in der Bewegungsausführung fest, von außen sind aber Diskrepanzen zu erkennen. In diesem Fall kann der Proband keine Differenz mehr zwischen Soll- und Istwert ermitteln und daraus eine Bewegungskorrektur ableiten. Erhält er hier keine Informationen, können sowohl sein Recognition-Schema als auch das Recall-Schema nicht optimal entwickelt werden;
2. Außeninformationen erhalten wesentliche Bedeutung, wenn der Lernende meint, Diskrepanzen festgestellt zu haben, sich diese aber nicht mit den Diskrepanzangaben des Beobachters decken bzw. dieser objektiv keine Fehler ermitteln konnte. In diesem Fall wird lediglich eine Korrektur eines fehlerhaften Recognition-Schemas notwendig, da das Recall-Schema die Parameterauswahl korrekt bewirkt hat. Hier ist vor allem eine fehlerhafte Bewegungswahrnehmung des Lernenden zu korrigieren;
3. Außeninformationen müssen gegeben werden, wenn sich der Lernende seiner Wahrnehmungen nicht sicher ist und/oder eine Information von außen wünscht. Eine Außeninformation kann dann zur Verifizierung oder Falsifizierung der entsprechenden Wahrnehmungen führen.

In den geschilderten drei Situationen bekommen die Außeninformationen einen hohen Stellenwert, da die Eigeninformationen nicht ausreichen, um eine optimale Bewegungskorrektur vornehmen zu können.

4. In anderen Situationen, wenn sich z.B. eine Deckungsgleichheit zwischen den Eigenwahrnehmungen und den Außeninformationen ergibt, wirkt eine Außeninformation

eher als motivationaler/verstärkender Faktor bzw. kann sogar entfallen, was zu einer Reduzierung der Informationsfrequenz führt!

Die Wirkung von verringerten Informationsfrequenzen sollte sich, wenn die eben geschilderten Situationen und die daraus abgeleiteten Aussagen zutreffen, steigern lassen, wenn eine Individualisierung von Feedback vorgenommen würde. Optimale Ergebnisse müßten erzielt werden, wenn die Rückmeldung an die Abfrage einer Selbsteinschätzung des Probanden gekoppelt würde. Stimmt die Selbsteinschätzung des Lernenden mit den objektiv beobachteten Daten überein, erübrigt sich ein Feedback, die Informationsfrequenz wird dadurch individuell verringert.

Daß derartige Selbsteinschätzungsprozeduren durchaus positive Wirkungen haben können, zeigte schon die Untersuchung von HOGAN & YANOWITZ (1978). Hier konnte eine Gruppe, die um eine Selbsteinschätzung ihrer Leistungen in der Aneignungsphase gebeten wurden, bessere Retentionsergebnisse erreichen als die Gruppe, die nicht geschätzt hatte. Besonders interessant erscheint in diesem Zusammenhang eine Kopplung mit der relativen Frequenz. Präzise und objektive Rückmeldungen können entfallen, wenn die Selbsteinschätzung des Lernenden korrekt ist.

Im folgenden wird daher ein Experiment beschrieben, in dem verschiedene Feedbackfrequenzen im Vergleich mit einem individualisierten Feedback anhand einer großräumigen Bewegungsaufgabe untersucht werden. Im Rahmen des individualisierten Feedbacks werden vor allem die beiden ersten Situationen berücksichtigt, die weiter oben beschrieben wurden.

## EXPERIMENT

### Methodik

#### Probanden

Am Experiment nahmen 113 Studierende des Instituts für Sportwissenschaften der Universität Göttingen teil. Die 72 männlichen und 41 weiblichen Probanden waren im Mittel 22,99 Jahre alt.

#### Meßinstrumentarium

Die technische Erfassung der Bewegungsaufgabe Dreisprung erfolgte über eine Kontaktmatte und einen Computer. Das zu messende Kriterium der Gleichmäßigkeit der beiden ersten Sprünge wurde über die Flugzeit der jeweiligen Sprünge (Hop, Step) ermittelt.

Die verwendete 9,0 Meter lange Kontaktmatte enthält zwei Aluminiumschichten, die durch eine mit Löchern versehene Schaumstoffschicht gegeneinander isoliert sind. Erfährt die Matte eine Belastung von oben, so wird die obere Aluminiumschicht auf die untere gedrückt und schließt einen Kontakt. Die Matte wirkt als elektrischer Schalter. Über ein Kabel mit einem Stereostecker sind die Matte und ein Interface verbunden, das wiederum die Verbindung der Matte mit einem Computer herstellt. Die bei Be- und Entlastung der Kontaktmatte auftretenden Impulse führen im Computer zur Auslösung einer Stoppuhr. Die Kontakt- und Flugzeiten wurden mit einer Genauigkeit von 1/1000 Sekunde gestoppt.

Der Meßfehler der Kontaktmatte liegt bei maximal  $\pm 0,001$  Sekunden. Er konnte durch Parallelversuche mit mehreren übereinandergelegten Kontaktmatten ermittelt werden. Die Meßfehler des Computers und des Interfaces liegen im Bereich von Nanosekunden, so daß sie vernachlässigt werden können. Das Meßverfahren und die Bewegungsaufgabe sind noch einmal in Abbildung 1 dargestellt.

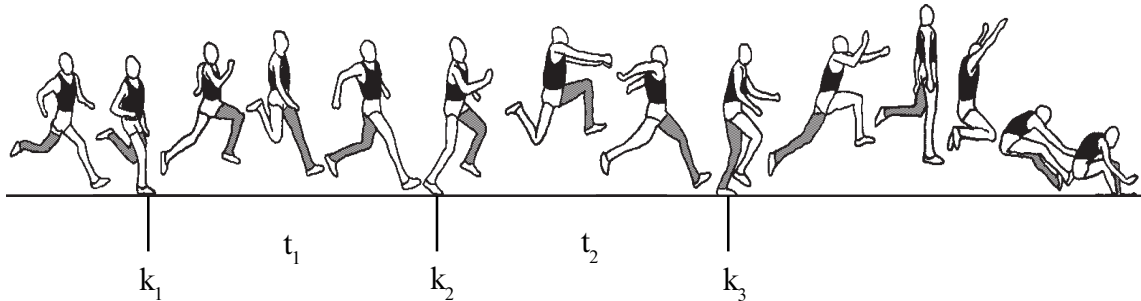


Abb. 1 Kontaktmatte und Meßinstrumentarium

### Bewegungsaufgabe

Die Bewegungsaufgabe bestand aus einem leichtathletischen Dreisprung. Der Bewegungsablauf des Dreisprunges gliedert sich in drei Sprünge, wobei beim ersten Sprung die Landung wieder mit dem Absprungbein erfolgt. Die Landung nach dem zweiten Sprung muß der Wettkampffregel entsprechend durch einen Wechsel des Landebeins eingeleitet werden. Daran schließt sich eine beidbeinige Landung auf einer Landematte an. Die beiden möglichen Sprungverläufe lassen sich daher wie folgt darstellen:

Tab. 1 Sprungfolgen beim Dreisprung

1. Abspr.	1. Landung/2. Abspr.	2. Landung/3. Abspr.	Landung
links	links	rechts (Alternative 1)	
rechts	rechts	links (Alternative 2)	
	Sprung 1	Sprung 2	Sprung 3
	(Hop)	(Step)	(Jump)

Der Proband erhielt die Aufgabe, die ersten beiden Sprünge eines jeden Dreisprunges (Hop und Step) mit gleichen Flugzeiten auszuführen, wobei die Landung nach dem ersten Absprung mit dem Absprungbein erfolgen sollte und erst dann ein Sprungbeinwechsel durchgeführt werden durfte. Konkret bedeutete diese Aufgabe für den Probanden, daß er die Flugzeiten von Hop und Step gleichlang gestalten mußte. Durch die rhythmisch gleichmäßige Gestaltung war auch eine annähernd gleiche Sprungweite der ersten beiden Sprünge gewährleistet. Die Wahl der Aufgabe erfolgt in Anlehnung an Empfehlungen aus der Anfängermethodik, die immer wieder die Gleichmäßigkeit der beiden ersten Sprünge fordern (vergl. EYTING 1988, 245; HOPF 1990).

Die Auswahl der Sprungfolge “rechts-rechts-links” oder “links-links-rechts” blieb der Versuchsperson überlassen. Die Landung auf einer Weichbodenmatte wurde beidbeinig durchgeführt. Die Anlaufänge betrug 10 Meter.

### Experimentelle Durchführung

Die Probanden wurden in vier Gruppen aufgeteilt. Die KR-Frequenzen der drei ersten Gruppen betragen 100%, 50% und 10%. Die Probanden dieser Gruppen erhielten von 10 Versuchen in der Aneignungsphase bei jedem Versuch (100%), bei jedem zweiten (50%) oder nur beim ersten Versuch (10%) eine Rückmeldung über ihr Bewegungsergebnis. Die Rückmeldung über das Bewegungsergebnis erfolgte in Form einer Differenzangabe der beiden Flugzeiten  $t_1$  und  $t_2$  ( $Dt=t_2-t_1$ ). So gab z.B. ein Wert von -150 an, daß die zweite Flugzeit um 150 Tausendstelsekunden kürzer war als der erste. Die vierte Gruppe mußte unmittelbar nach jedem Versuch zunächst eine Schätzung über ihre realisierte Differenz zwischen  $t_1$  und  $t_2$  abgeben und erhielt dann in Abhängigkeit von dieser Schätzung eine Rückmeldung. Wenn die Schätzung um mehr als +/-50 Millisekunden vom objektiv gemessenen Differenzwert zwischen  $t_1$  und  $t_2$  ab, erfolgte eine Rückmeldung. Im anderen Fall konnte der Proband lediglich erkennen, daß seine Schätzung relativ gut gewesen sein muß, erhielt aber kein quantitatives, präzises Feedback. Wünschte ein Proband Feedback, wenn er keines erhalten sollte, wurde dieser Wunsch nicht berücksichtigt.

Den 10 Versuchen der Aneignungsphase folgte eine 3 minütige Pause und dieser eine Retentionsphase, in der die Probanden 10 Versuche ohne Feedback durchführen mußten. Die Bewegungsaufgabe wurde nicht verändert. Ein erneuter Retentionstest fand nach einer Woche mit weiteren 10 Sprüngen ohne Feedback statt.

### Design und statistische Analyse

Der relative Fehler (RE), der konstante Fehler (CE) und der variable Fehler (VE) wurden für Blöcke von jeweils 5 Sprüngen berechnet und grafisch aufgetragen (vergl. Abb. 2-4). Der relative Fehler wird nach folgender Formel berechnet:

$$RE = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|(t_{i-Step} - t_{i-Hop})|}{t_{i-Hop}} \right)}{n} * 100 \quad [\%]$$

Er wurde dem absoluten Fehler (AE) vorgezogen, weil er die verschieden großen Flugzeiten der Probanden berücksichtigt. Größere Flugzeiten im Hop ( $t_1$ ) lassen auch größere absolute Abweichungen erwarten, was zu einer Verfälschung der Untersuchungsergebnisse führen könnte.

In allen Untersuchungsphasen kam eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (Gruppe x Block; 4 x 2) mit Meßwiederholung auf dem Faktor Block zur Anwendung. In Einzelfällen wurden post-hoc DUNCAN-Tests in einfaktoriellen Varianzanalysen mit einem  $\alpha=0,05$  verwendet.

Untersuchungsergebnisse

Die relative KR-Frequenz der Schätzgruppe konnte erst nach Abschluß der Untersuchung ermittelt werden. Sie betrug im Mittel 47% und schwankte individuell zwischen 20 und 90%. Die Untersuchungsergebnisse von Aneignungsphase und Retentionsphasen sind in Abb. 2-4 grafisch dargestellt. Jeweils 5 Sprünge bilden hierbei einen Block; B1 entspricht somit den Sprüngen 1-5 und B2 den Sprüngen 6-10 in der jeweiligen Untersuchungsphase.

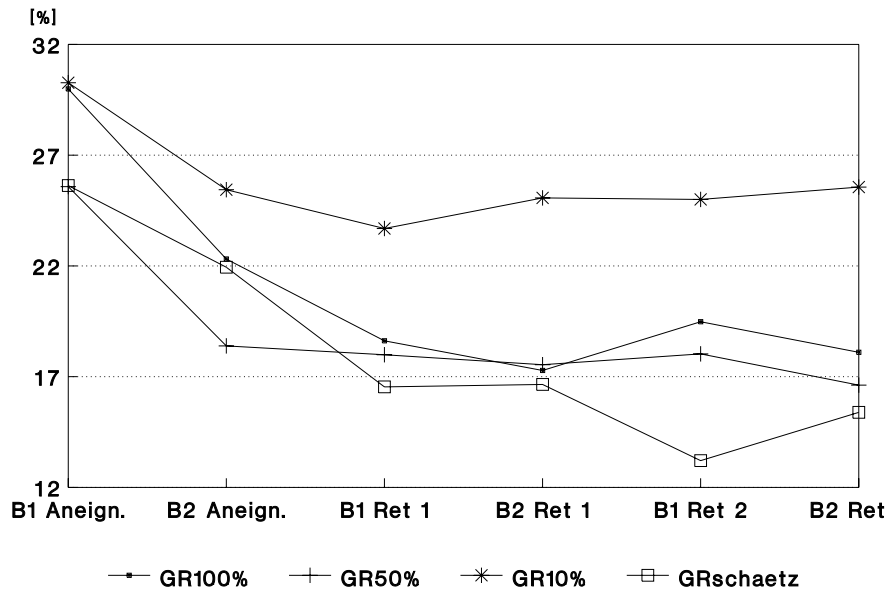


Abb. 2 Relativer Fehler in allen drei Untersuchungsphasen

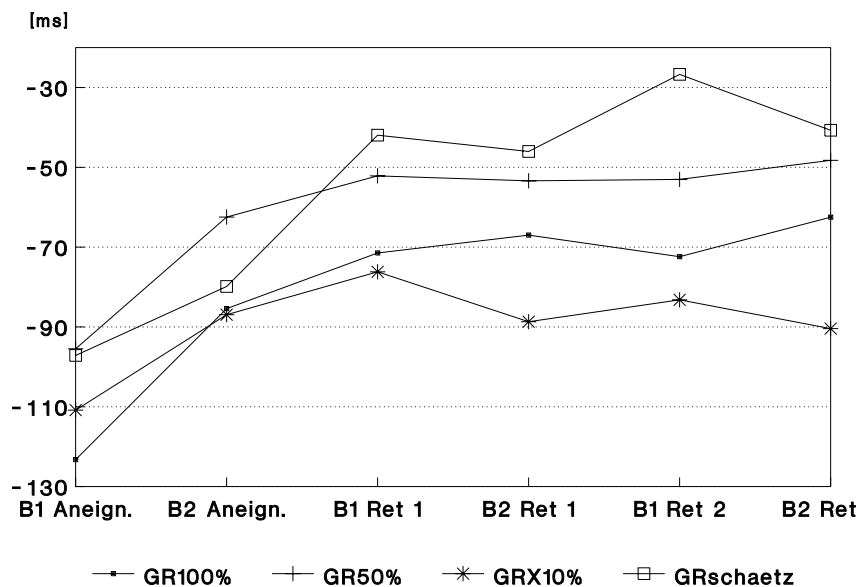


Abb. 3 Konstanter Fehler in allen drei Untersuchungsphasen

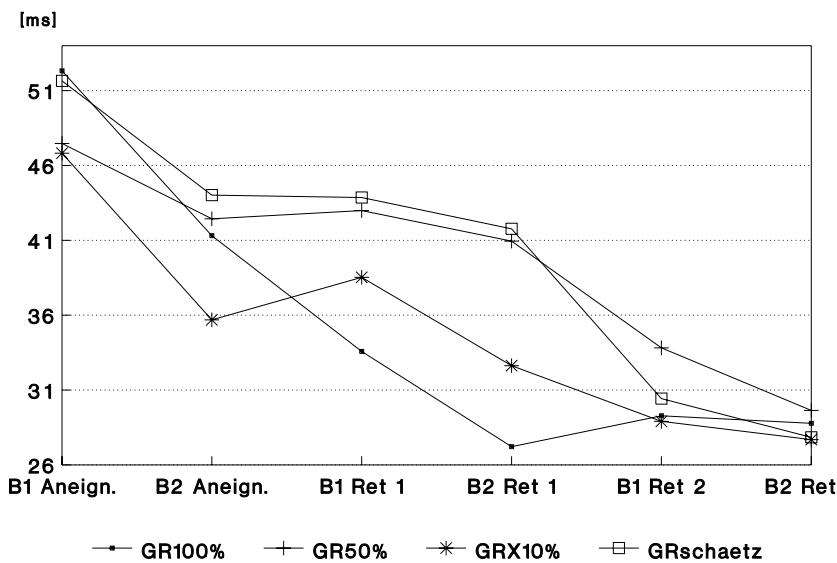


Abb. 4 Variabler Fehler in allen drei Untersuchungsphasen

#### Aneignungsphase

In der Aneignungsphase ergibt sich bei keinem Fehlermerkmal ein signifikanter Gruppeneffekt. Auch die Interaktion von Gruppe x Block wird nicht signifikant. Lediglich der Effekt des Blockes ergibt für RE mit  $F(1,109)=31,40$  und  $p<0,01$ , CE mit  $F(1,109)=35,48$  und  $p<0,01$  und VE mit  $F(1,109)=11,35$  und  $p<0,01$  Signifikanzen. Alle Gruppen zeigen deutliche Verbesserungen der Fehlermerkmale in der Aneignungsphase. Sie nähern sich dem gesetzten Ziel der Gleichmäßigkeit der beiden ersten Flugzeiten an bzw. verringern ihre Variabilität und zeigen ein stabileres Bewegungsverhalten. Die qualitativ beste Leistung in der Zielannäherung am Ende der Aneignungsphase zeigt die Gruppe mit 50% KR-Frequenz (vergl. Abb. 2). Den geringsten variablen Fehler zeigt die 10%-Gruppe (vergl. Abb. 4).

#### Erste Retentionsphase

In der ersten Retentionsphase findet sich beim variablen Fehler ein signifikanter Effekt der Gruppe mit  $F(3,109)=4,14$  und  $p<0,01$ . Mit einem post-hoc Test kann ein signifikant höherer VE im zweiten Block der Gruppe mit 50% KR-Frequenz und der Schätzgruppe gegenüber der 100%-Gruppe festgestellt werden. Dieser Unterschied entsteht durch die deutliche Verbesserung der 100%-Gruppe vom ersten zum zweiten Block der Retention. Die Gruppe zeigt am Ende der ersten Retention die geringsten variablen Fehler (vergl. Abb. 4).



Ein Effekt des Blockes bzw. eine Interaktion von Block x Gruppe läßt sich in der ersten Retentionsphase nicht mehr finden. Die geringste Zielabweichung weist die Schätzgruppe auf, die größte die 10%-Gruppe (vergl. Abb. 2 und 3).

### Zweite Retentionsphase

Beim Merkmal RE findet sich mit  $F(3,109)=3,86$  und  $p<0,05$  ein signifikanter Effekt für die Gruppe in der zweiten Retentionsphase. Im post-hoc-Test zeigen sich signifikante Unterschiede von der 50%-Gruppe und der Schätzgruppe zur 10%-Gruppe. Betrachtet man die einzelnen Blöcke zeigt der Duncan-Test einen signifikanten Unterschied im ersten Block zwischen der Schätzgruppe und der 10%-Gruppe und im zweiten Block zwischen den Gruppen GR100%, GR50%, GRschaetz und der 10%-Gruppe. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich beim konstanten Fehler. Auch hier findet sich ein signifikanter Effekt der Gruppe mit  $F(3,109)=3,88$  und  $p<0,05$ . Insgesamt unterscheiden sich im DUNCAN-Test die Gruppen GR50% und GRschaetz signifikant von der Gruppe GR10%. Im ersten Block erbringt der post-hoc Test signifikante Differenzen zwischen der Gruppe GRschaetz und den Gruppen GR10% und GR100%. Dabei erreicht die Schätzgruppe die besseren Leistungen. Im zweiten Block unterscheiden sich die Gruppen GRschaetz und GR50% signifikant von der Gruppe GR10%, die die schlechteren Leistungen zeigt. Darüberhinaus findet sich beim CE eine Interaktion von Block x Gruppe mit  $F(3,109)=4,05$  und  $p<0,01$ . Diese entsteht durch die leichten Verbesserungen der Gruppen GR100% und GR50% im zweiten Block, während sich die Gruppen GR10% und besonders GRschaetz wieder verschlechtern. Beim variablen Fehler ergeben sich in der zweiten Retention keine Signifikanzen. Die Gruppen zeigen die gleichen variablen Fehler und entwickeln sich auch ähnlich.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sowohl in der Aneignung als auch in der ersten Retentionsphase nach drei Minuten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Abweichungsmerkmale zwischen den Gruppen festgestellt werden können. Lediglich beim variablen Fehler findet sich in der ersten Retentionsphase ein Unterschied zwischen den Gruppen. Der signifikante Effekt des Blockes bei allen Merkmalen in der Aneignung zeigt, daß sich alle Gruppen vom ersten zum zweiten Block verbessern. Dies entspricht den Erwartungen. Erst in der zweiten Retention nach einer Woche zeigen sich signifikante Unterschiede bei den Versuchsgruppen. So erreichen die Schätzgruppe und die 50%-Gruppe einen signifikant geringeren relativen Fehler als die 10%-Gruppe. Beim konstanten Fehler findet man darüberhinaus im ersten Block eine signifikant bessere Zielannäherung der Schätzgruppe gegenüber der 10%- und 100%-Gruppe (vergl. Abb. 3).

Bezüglich des Schätzverhaltens ist von Interesse, ob schon früh im Lernverlauf eine hohe Selbsteinschätzungsfähigkeit existiert und ob diese qualitativ besser oder schlechter als das motorische Können zu bewerten ist. Dazu ist in Abb. 5 ein Vergleich der absoluten Abweichungen des Sprungverhaltens und der absoluten Abweichungen des Schätzverhaltens der Schätzgruppe aufgetragen.

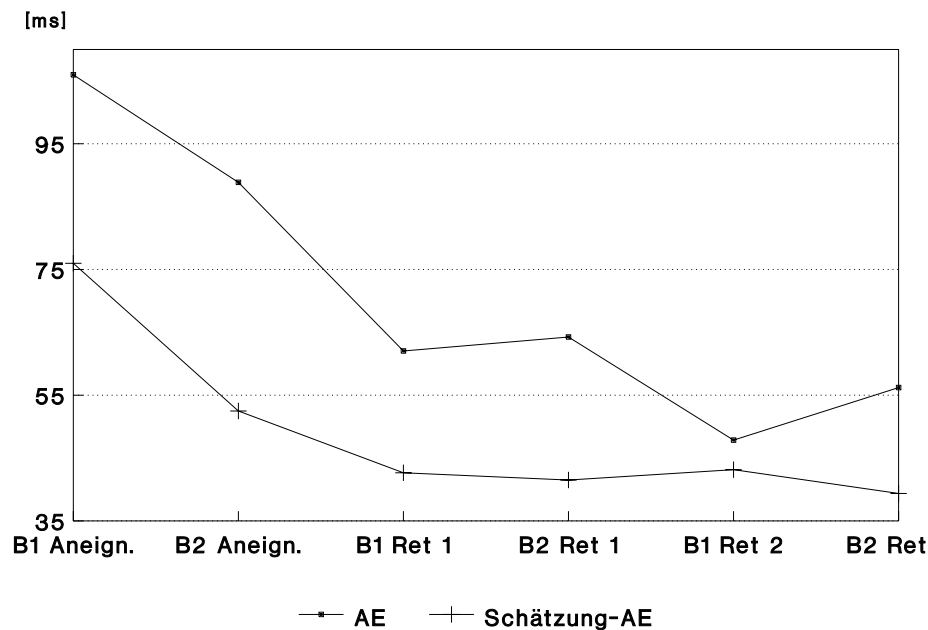


Abb. 5 Absoluter Fehler des Sprungverhaltens und absoluter Fehler des Schätzverhaltens

Wie deutlich zu erkennen ist, sind die Probanden schon sehr früh in der Aneignung in der Lage, ihr Verhalten relativ präzise einzuschätzen. Das Schätzvermögen ist sogar präziser als das motorische Verhalten. Die Probanden können sich relativ gut einschätzen, aber noch nicht sehr gleichmäßig springen. Das Schätzverhalten verbessert sich bis zum ersten Block der ersten Retention und verbleibt dann auf einem relativ konstanten Wert. Bis zum Ende des Experiments schätzen die Probanden besser als sie die motorische Aufgabe lösen.

#### DISKUSSION

Die referierten Ergebnisse belegen, daß verringerte Feedbackfrequenzen das langfristige Behalten positiv beeinflussen können. So konnten in der zweiten Retentionsphase nach einer Woche bei der Schätzgruppe, die eine verringerte Informationsfrequenz von im Mittel 47% erhalten hatte, signifikant bessere Lernergebnisse als bei den Gruppen mit 100%iger bzw. 10%iger Informationsfrequenz festgestellt werden. Die Aussage von ADAMS, daß KR immer dann notwendig ist, wenn die intrinsischen Informationen nicht ausreichen, um eine sinnvolle Bewegungskorrektur zu initiieren, kann durch die guten Lernergebnisse der Schätzgruppe unterstützt werden.

Die 50%-Gruppe erreicht in keiner Phase signifikant bessere Leistungen als die 100%-Gruppe, ihre leicht besseren relativen Abweichungen und konstanten Fehler stellen lediglich einen Trend dar. Insofern konnten die Ergebnisse der oben genannten Untersuchungen zur KR-Frequenz bezüglich der 100%- und 50%-Gruppe nicht bestätigt werden. Es finden sich wie bei MARSCHALL (1991) keine signifikanten Differenzen

zwischen 100%- und 50%-Gruppe. Neuere Forschungsergebnisse von WULF (1992) eröffnen in diesem Zusammenhang weitere Interpretationsperspektiven. Ihre Untersuchungen, in denen sie Programmlernen und Parameterlernen trennt, legen nahe, daß unterschiedliche Wirkmechanismen der KR-Variablen Frequenz existieren. Konnte beim Programmlernen ein positiver Effekt von verringerten Informationsfrequenzen festgestellt werden, so wirken sich diese beim Parameterlernen eher negativ aus. Die Abgrenzung zwischen Parameterlernen und Programmlernen beim Dreisprung fällt allerdings schwer. Da den meisten Probanden die Bewegungsaufgabe Dreisprung unbekannt war, können zu Beginn des Lernprozesses sowohl ein Programmwerb, als auch Programmveränderungen stattgefunden haben. In diesem Fall könnte man den Dreisprung nicht mehr als reine Parametervariationsaufgabe betrachten, sondern als eine Mischung zwischen Programm- und Schema-Erwerbsaufgabe. Allein aus dieser Tatsache ließen sich unterschiedliche Ergebnisse erwarten (vergl. WULF, SCHMIDT, & DEUBEL 1992).

Die relativ schlechteren Leistungen der 100%-Gruppe gegenüber der Schätzgruppe können im Zusammenhang mit der guidance-Hypothese interpretiert werden (vergl. SALMONI, SCHMIDT, & WALTER 1984; SCHMIDT 1991, 67). Erhält der Lernende nach jedem Versuch ein Feedback, so verläßt er sich auf diese Informationen und ist nicht gezwungen, seine Eigeninformationen (intrinsisches Feedback) zur Bewegungsanalyse heranzuziehen (vergl. SCHMIDT 1982, 542). Wird die Feedbackgabe später eingestellt, ist eine Analyse des intrinsischen Feedbacks nur noch schwer bzw. überhaupt nicht mehr möglich. Die häufige Informationsgabe hat den Lernenden von der Information abhängig gemacht, beim Ausbleiben der Informationen von außen, kann er seine Leistungen nicht mehr konstant halten.

Das relativ schlechte Abschneiden der 10%-Gruppe in der zweiten Retention war zu erwarten. Eine einzige Information auf 10 Sprünge in der Aneignungsphase reicht nicht aus, um einen großen Lerneffekt zu erzeugen. Trotzdem kann die 10%-Gruppe in der Aneignung und der ersten Retention recht gute Lernergebnisse im Vergleich zu den anderen Gruppen erzielen.

Die größere Variabilität im Sprungverhalten der 50%- und der Schätzgruppe in der ersten Retentionsphase deutet an, daß diese Gruppen in dieser Phase noch experimentieren und noch kein vollkommen stabiles Bewegungsmuster entwickelt haben. Vermutlich führt gerade dieses Experimentieren mit der Bewegungsaufgabe zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den Anforderungen der Aufgabe und damit dann auch zu einem besseren Lernergebnis.

Zwischen der 50%- und der Schätzgruppe läßt sich in keiner Phase des Experiments ein signifikanter Unterschied finden. Beide Gruppen erreichen relativ gute Lernergebnisse, wobei die Schätzgruppe in beiden Retentionsphasen sowohl beim absoluten Fehler als auch beim konstanten Fehler besser abschneidet. In den variablen Fehlern unterscheiden sich die beiden Gruppen nur sehr geringfügig. Das leicht bessere Ergebnis der Schätzgruppe gibt zumindest einen Trend wieder, der aber nicht statistisch signifikant wird.

Die Abgabe einer Selbsteinschätzung und die daran gekoppelte Gabe eines präzisen, quantitativen Feedback ergibt leicht bessere Lernergebnisse als eine auf 50% reduzierte relative Frequenz. Ein anderes Ergebnis der Schätzgruppe wäre vielleicht zu erwarten

gewesen, wenn der Toleranzbereich für eine korrekte Schätzung kleiner gewählt worden wäre. Schätzte z.B. ein Proband eine Differenz zwischen  $t_1$  und  $t_2$  von -50 und befand sich das objektive Meßergebnis bei -10, bekam er keine Information über den objektiv gemessenen Wert. Er wußte lediglich, daß sich die objektive Differenz zwischen 0 und -100 bewegen mußte, was aber als sehr große Spanne angesehen werden muß. Eine Optimierung des Toleranzbereichs könnte zu noch besseren Ergebnissen führen (vergl. auch Toleranzbereiche bei bandwidth-KR).

Das Schätzverhalten der Probanden der Schätzgruppe zeichnet sich durch eine hohe Präzision aus. Die Lernenden scheinen über ein hoch entwickeltes recognition-Schema zu verfügen und bemerken schon sehr früh im Lernprozeß, wenn eine Abweichung von der Zielvorgabe aufgetreten ist, können diese aber nicht mit der gleichen Präzision korrigieren. Dies zeigt sich in den größeren absoluten Fehlern im motorischen Verhalten. Mehr als 35% der Probanden der Schätzgruppen liegen mit ihren relativen KR-Frequenzen im Bereich zwischen 20 und 40% und können trotzdem ein gutes Lernergebnis erreichen. Ihre Selbsteinschätzungsfähigkeit ist schon früh in der Aneignungsphase ausgeprägt. Kritisch bleibt anzumerken, daß die Abfrage der Selbsteinschätzung in den Retentionsphasen bei den Schätzgruppen einen Einfluß auf deren Leistungen gehabt haben könnte. In unserem Fall wurde aber zunächst der Informationsgewinn über den Verlauf des Schätzverhaltens als wichtig angesehen. Deswegen erfolgte eine Abfrage des Schätzergebnisses auch in den Retentionsphasen.

Eine Kombination der Selbsteinschätzung mit der relativen Frequenz scheint recht vielversprechende Möglichkeiten zu bieten. In weiteren Untersuchungen sollte zum einen eine genauere Klärung von Toleranzgrenzen und den damit kombinierten relativen Frequenzen erfolgen und zum anderen der Einfluß der Schätzung separiert werden, um eine weitere Optimierung zu ermöglichen. In jedem Fall bietet ein Feedback in Abhängigkeit von einer Selbsteinschätzung eine Möglichkeit, ein erheblich individualisierteres Feedback zu ermöglichen und mindestens gleiche Lernergebnisse wie mit reduzierten relativen KR-Frequenzen zu erreichen.

Auch für angrenzende Bereiche der Motorikforschung wie z.B. die "variability of practice"-Untersuchungen bietet sich eine Individualisierung der Lernsituation an. So lassen sich individuelle Variabilitäten heranziehen, um bei Lernenden durch gezielte Maßnahmen eine individuell erhöhte oder verringerte Variabilität beim Erlernen einer Bewegungsaufgabe zu erzeugen. Variabilität würde damit nicht nur von außen über die vorgegebene Aufgabe für den Probanden erzwungen, sondern eine individuelle Variabilität könnte gezielt gesteuert werden. Untersuchungen in dieser Richtung stehen allerdings noch aus.

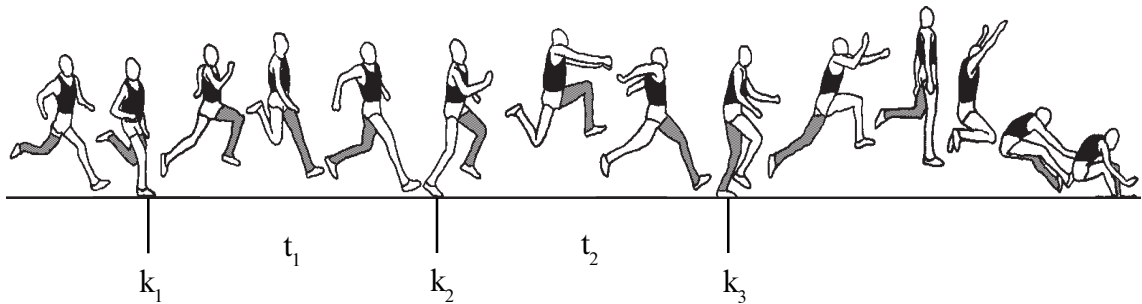
#### LITERATUR

- ADAMS, J.A. (1971). A closed-loop-theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- BAIRD, I.S., & HUGHES, G.H. (1972). Effects of frequency and specificity of information feedback on the acquisition and extinction of a positioning task. *Perceptual and Motor Skills*, 34, 567-572.
- BERNSTEIN, N. (1967). *The coordination and regulation of movement*. London.

- DAUGS, R. (1986). Konzept einer technologisch orientierte Grundlagenforschung zum sportmotorischen Lernen. In U. HAWKE & R. PROHL (Eds.), *Entwicklungstendenzen der Medien im Sport* (pp. 29-35). Fritzlär.
- DAUGS, R. (1991). *Motorisches Lernen, Schnellinformation und "Knowledge of Results"*. Unveröffentlichtes Skript des Vortrags auf der 2. Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Sportmotorik am 16. - 19.09.1991 in Olomouc (CSFR).
- EYTING, G. (1988). Dreisprung für Mädchen. In D. AUGUSTIN & W. JOCH (Eds.), *Jugendleichtathletik* (pp. 244-246). Niedernhausen.
- HEUER, H. (1983). *Bewegungslernen*. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz.
- HILLEBRECHT, M. (1992). *Zum Einfluß der Informationsfrequenz auf das Erlernen von sportlichen Bewegungen*. Unveröffentlichtes Manuskript. Göttingen.
- HOGAN, J.C., & YANOWITZ, B.A. (1978). The role of verbal estimates of movement error in ballistic skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 10, 133-138.
- HOPF, H. (1990). Dreisprung und allgemeine Sprungtechnik. In W. HÄUSLER, *Lehrbogen für Sport und Spiel*, Nr. 8.
- JOHNSON, R.W., WICKS, G.G., & BEN-SIRA, D. (1980). *Practice in absence of knowledge of results: Motor skill retention*. Unveröffentlichtes Manuskript, University of Minnesota. Zitiert nach: SCHMIDT (1982).
- LEE, T.D., WHITE, M.A., & CARNAHAN, H. (1990). On the role of knowledge of results in motor learning: Exploring the guidance hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, 22, 2, 191-208.
- MARSCHALL, F. (1991). *Zum Einfluß der Häufigkeit und Verteilung biomechanischer Feedbackvermehrung auf sportmotorisches Techniktraining*. Dissertation FU Berlin.
- MARTIN, D., CARL, K., & LEHNERTZ, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf.
- McGUIGAN, F.J. (1959). The effect of precision, delay and schedule of knowledge of results on performance. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 1, 79-84.
- MECHLING, H. (1986). Feedback beim Üben und Lernen in Unterricht und Training. *Sportunterricht*, 35, 9, 333-345.
- NEWELL, K.M. (1974). Knowledge of results and motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 6, 4, 235-244.
- PÖHLMANN, R., & BERNIEN, J. (1981). Zur psychologischen Bedeutung von unterschiedlichen Informationsfrequenzen im motorischen Lernprozeß. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 30, 12, 933-941.
- ROTH, K., BREHM, W., & WILLIMCZIK, K. (1983). Integrative Ansätze für das Lernen im Sport. In H. RIEDER u.a., *Motorik- und Bewegungsforschung: Ein Beitrag zum Lernen im Sport* (pp. 118-143). Schorndorf.
- ROTH, K. (1990). Externe Validität und Problemkomplexität. *Sportwissenschaft*, 20, 3, 281-299.
- SALMONI, A.W., SCHMIDT, R.A., & WALTER, C.B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 3, 355-386.
- SCHMIDT, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- SCHMIDT, R.A. (1991). Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence

- and interpretations. In J. REQUIN & G.E. STELMACH (Eds.), *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 59-75). Dordrecht, Holland.
- SCHMIDT, R.A. (1982). *Motor control and learning*. Champaign, Illinois.
- SCHMIDT, R.A. (1988). *Motor control and learning*. Champaign, Illinois.
- WIEMEYER, J. (1992). Motorische Kontrolle und motorisches Lernen im Sport. Teil 2. *Sportpsychologie*, 2, 5-12.
- WILLIMCZIK, K., & ROTH, K. (1983). *Bewegungslehre*. Reinbek.
- WINSTEIN, C.J., & SCHMIDT, R.A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 4, 677-691.
- WINSTEIN, C.J. (1988). *Relative frequency of information feedback in motor performance and learning*. Unveröffentlichte Dissertation, University of California, Los Angeles.
- WULF, G., SCHMIDT, R.A., & DEUBEL, H. (1992). *Zum Einfluß der Feedback-Häufigkeit auf das Erlernen von generalisierten motorischen Programmen und Bewegungsparametern*. Poster, dvs-Symposium "Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik", 16.-18. Januar 1992 in Saarbrücken.
- WULF, G., & SCHMIDT, R.A. (1989). The learning of generalized motor programs: Reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 4, 748-757.
- WULF, G. (1992). Neuere Befunde zur Effektivierung des Bewegungslernens. *Sportpsychologie*, 1, 12-16.

## Dreisprungaufgabe und Flugzeiten ( $t_{1+2}$ )



## Berechnung der relativen Abweichung

$$RE = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|(t_{i-2} - t_{i-1})|}{t_{i-1}} \right)}{n} * 100 \quad [\%]$$

## Hypothesen

Zur Gestaltung der Informationsfrequenz lassen sich aus der closed-loop-Theorie von ADAMS (1971) und der Schema-Theorie nach SCHMIDT (1975) einige Hypothese ableiten. Die Aussagen der *closed-loop-Theorie* bezüglich des KR können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. KR hat sehr große Bedeutung zu Beginn eines Lernprozesses, wenn es um die Ausbildung einer perzeptiven Spur geht,
2. ***KR ist immer dann notwendig, wenn die intrinsischen Informationen nicht ausreichen, um eine sinnvolle Bewegungskorrektur zu initiieren,***
3. in frühen Lernstadien sollten keine KR-freien Versuche eingesetzt werden, da sie einen negativen Einfluß auf das motorische Lernen haben (vergl. ADAMS 1971; DAUGS 1991).

Die *Schema-Theorie* postuliert gute Lernergebnisse ***nach einer möglichst häufigen Bereitstellung von KR-Informationen***, da sich dadurch die Ausbildung des recall- und recognition-Schemas beschleunigt. Der Lernende erreicht eine verbesserte Eigenkorrekturfähigkeit und ist in der Lage, Bewegungsparameter qualifizierter zu kalkulieren und Programme adäquater auszuwählen (vergl. SCHMIDT 1975).



## Probanden

Am Experiment nahmen 113 Studierende des Instituts für Sportwissenschaften der Universität Göttingen teil. Die 72 männlichen und 41 weiblichen Probanden waren im Mittel 22,99 Jahre alt.

## Experimentelle Durchführung

Die Probanden wurden in vier Gruppen aufgeteilt. Die KR-Frequenzen der drei ersten Gruppen betragen 100%, 50% und 10%. Die Probanden dieser Gruppen erhielten von 10 Versuchen in der Aneignungsphase bei jedem Versuch (100%), bei jedem zweiten (50%) oder nur beim ersten Versuch (10%) eine Rückmeldung über ihr Bewegungsergebnis. Die Rückmeldung über das Bewegungsergebnis erfolgte in Form einer Differenzangabe der beiden Flugzeiten  $t_1$  und  $t_2$  ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ). So gab z.B. ein Wert von -150 an, daß die zweite Flugzeit um 150 Tausendstelsekunden kürzer war als der erste. Die vierte Gruppe mußte unmittelbar nach jedem Versuch zunächst eine Schätzung über ihre realisierte Differenz zwischen  $t_1$  und  $t_2$  abgeben und erhielt dann in Abhängigkeit von dieser Schätzung eine Rückmeldung. Wird die Schätzung um mehr als +/-50 Millisekunden vom objektiv gemessenen Differenzwert zwischen  $t_1$  und  $t_2$  ab, erfolgte eine Rückmeldung. Im anderen Fall konnte der Proband lediglich erkennen, daß seine Schätzung relativ gut gewesen sein muß, erhielt aber kein quantitatives, präzises Feedback. Wüsste ein Proband Feedback, wenn er keines erhalten sollte, wurde dieser Wunsch nicht berücksichtigt.

Den 10 Versuchen der Aneignungsphase folgte eine 3 minütige Pause und dieser eine Retentionsphase, in der die Probanden 10 Versuche ohne Feedback durchführen mußten. Die Bewegungsaufgabe wurde nicht verändert. Ein erneuter Retentionstest fand nach einer Woche mit weiteren 10 Sprüngen ohne Feedback statt.

Situationen, in denen KR notwendig ist  
bzw. entfallen kann

1. Der Lernende stellt selbst keine Fehler in der Bewegungsausführung fest, von außen sind aber Diskrepanzen zu erkennen. In diesem Fall kann der Proband keine Differenz mehr zwischen Soll- und Istwert ermitteln und daraus eine Bewegungskorrektur ableiten. Erhält er hier keine Informationen, können sowohl sein Recognition-Schema als auch das Recall-Schema nicht optimal entwickelt werden;

2. Außeninformationen erhalten wesentliche Bedeutung, wenn der Lernende meint, Diskrepanzen festgestellt zu haben, sich diese aber nicht mit den Diskrepanzangaben des Beobachters decken bzw. dieser objektiv keine Fehler ermitteln konnte. In diesem Fall wird lediglich eine Korrektur eines fehlerhaften Recognition-Schemas notwendig, da das Recall-Schema die Parameterauswahl korrekt bewirkt hat. Hier ist vor allem eine fehlerhafte Bewegungswahrnehmung des Lernenden zu korrigieren;

3. Außeninformationen müssen gegeben werden, wenn sich der Lernende seiner Wahrnehmungen nicht sicher ist und/oder eine Information von außen wünscht. Eine Außeninformation kann dann zur Verifizierung oder Falsifizierung der entsprechenden Wahrnehmungen führen.

In den geschilderten drei Situationen bekommen die Außeninformationen einen hohen Stellenwert, da die Eigeninformationen nicht ausreichen, um eine optimale Bewegungskorrektur vornehmen zu können.

4. In anderen Situationen, wenn sich z.B. eine Deckungsgleichheit zwischen den Eigenwahrnehmungen und den Außeninformationen ergibt, wirkt eine Außeninformation eher als motivationaler/verstärkender Faktor bzw. kann sogar entfallen, was zu einer Reduzierung der Informationsfrequenz führt!