

**Michaela Girgenrath**

**Einfluss von sensorischer Information und  
Zeitvorgaben auf Greifbewegungen und  
deren Modifikation unter veränderter  
Schwerkraft**

**Doktorarbeit / Dissertation**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2004 Diplom.de  
ISBN: 9783832485696

**Michaela Girgenrath**

**Einfluss von sensorischer Information und Zeitvorgaben  
auf Greifbewegungen und deren Modifikation unter  
veränderter Schwerkraft**



---

Michaela Girgenrath

**Einfluss von sensorischer Information  
und Zeitvorgaben auf Greifbewegungen  
und deren Modifikation unter  
veränderter Schwerkraft**

Dissertation / Doktorarbeit  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Abgabe November 2004



Diplomica GmbH ———  
Hermannstal 119k ———  
22119 Hamburg ———

Fon: 040 / 655 99 20 ———  
Fax: 040 / 655 99 222 ———

agentur@diplom.de ———  
www.diplom.de ———

ID 8569

Girgenrath, Michaela: Einfluss von sensorischer Information und Zeitvorgaben auf Greifbewegungen und deren Modifikation unter veränderter Schwerkraft

Hamburg: Diplomica GmbH, 2005

Zugl.: Deutsche Sporthochschule Köln, Dissertation / Doktorarbeit, 2004

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2005

Printed in Germany

# Lebenslauf

**Name:** Michaela Girgenrath

**Geburtsdatum:** 26.10.1970

**Geburtsort:** Bonn

**Nationalität:** deutsch

**Qualifikation:** Abitur, 1990

Lehramt für Primarstufe mit den Fächern Mathematik,  
Deutsch und Sport an der Universität zu Köln: 1990 –94

Zusätzliche Aufnahme des Studiengangs Diplom Sport  
an der Deutschen Sporthochschule Köln, Schwerpunkt  
Rehabilitation und Behindertensport

Abschluss als Diplomsportlehrerin: 1998

**Beruflicher Werdegang:**

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Physiologie  
und Anatomie:

Studentische Hilfskraft: 1997-1999

Wissenschaftliche Hilfskraft: 1999-2001

Wissenschaftliche Mitarbeiterin: seit Mai, 2001

Teile dieser Arbeit sind bereits, mit Einverständnis des Vorsitzenden des Promotionsausschusses Herrn Prof. Dr. H-D. Horch in folgenden Zeitschriften erschienen:

Girgenrath M, Bock O, Jüngling S (2004) Validity of the speed-accuracy tradeoff for prehension movements. *Exp Brain Res* 158: 415-420

Sand DP, Girgenrath M, Bock O, Pongratz H (2003) Production of isometric forces during sustained acceleration. *Aviat Space Environ Med* 74: 633-637

Diese Arbeit wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 50 WB 9934), und mit Mitteln des Deutschen Verteidigungsministeriums (1000-V-6703) gefördert.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Die verschiedenen Komponenten von Greifbewegungen	3
1.1.1. Charakteristik der Transport- und Greifkomponente und deren Kopplung	4
1.1.2. Charakteristik der Kraftkomponente	5
1.2. Beeinflussende Faktoren für die Durchführung von Greifbewegungen	7
1.2.1. Der Einfluss verschiedener sensorischer Rückmeldebedingungen	8
1.2.1.1. Der Einfluss sensorischer Rückmeldung auf die Transport- und Greifkomponente	8
1.2.1.2. Der Einfluss sensorischer Rückmeldung auf die Kraft- Komponente	12
1.2.2. Die Zeit-Genauigkeitsrelation	15
1.2.2.1. Erklärungsmodelle der Zeit-Genauigkeitsrelation	17
1.2.2.2. Die Zeit-Genauigkeitsrelation bei Greifbewegungen	19
1.2.3. Der Einfluss veränderter Schwerkraft auf die Motorik	21
1.2.3.1. Die Bedeutung sensorischer Information unter veränderter Schwerkraft	22
1.2.3.2. Zielgerichtete Bewegungen in veränderter Schwerkraft	24
1.3. Ziele der Arbeit	27
2. Material und Methoden	30
2.1. Versuchspersonen	30
2.2. Methodik für Exp.1 und Exp.2	31
2.2.1. Versuchsaufbau und Datenregistrierung	31
2.2.2. Allgemeiner Versuchsablauf für Exp.1 und Exp.2	33
2.2.3. Spezielle Methodik für Exp.1	33
2.2.4. Spezielle Methodik für Exp.2	35
2.2.5. Durchführung der Experimente in Schwerelosigkeit	37
2.2.6. Datenanalyse für Exp.1 und Exp.2	40
2.2.7. Statistische Analyse für Exp.1 und Exp.2	44

2.3.	Methodik für Exp.3	45
2.3.1.	Versuchsaufbau und Datenregistrierung	45
2.3.2.	Allgemeiner Versuchsablauf	47
2.3.3.	Spezieller Versuchsablauf	48
2.3.4.	Datenanalyse	50
2.3.5.	Statistische Analyse	52
3.	Ergebnisse	53
3.1.	Exp.1: Einfluss verschiedener Rückmeldebedingungen auf Greifbewegungen	53
3.1.1.	Experiment 1A	55
3.1.1.1.	Analyse der zeitlichen Variablen	56
3.1.1.2.	Analyse der Positionsvariablen	61
3.1.2.	Exp. 1B: Variation der sensorischen Rückmeldung in Schwerelosigkeit	66
3.1.2.1.	Analyse der zeitlichen Variablen	66
3.1.2.2.	Analyse der Positionsvariablen	69
3.2.	Exp. 2: Die Zeit-Genauigkeitsrelation für Greifbewegungen	72
3.2.1.	Exp. 2A	72
3.2.1.1.	Analyse der Zeit: Bewegungsdauer	73
3.2.1.2.	Analyse der Genauigkeit: Positionsvariablen	74
3.2.2.	Exp. 2B	77
3.2.2.1.	Analyse der Zeit: Bewegungsdauer	78
3.2.2.2.	Analyse der Genauigkeit : Positionsvariablen	79
3.2.3.	Exp.2C	81
3.2.3.1.	Analyse der Zeit: Bewegungsdauer	82
3.2.3.2.	Analyse der Genauigkeit: Positionsvariablen	83
3.2.4.	Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse aus Exp. 2A-C	86
3.2.5.	Exp. 2D: Zeit- und Genauigkeitsrelation in Schwerelosigkeit	88
3.2.5.1.	Analyse der Zeit: Bewegungsdauer	88
3.2.5.2.	Analyse der Genauigkeit: Positionsvariablen	89
3.3.	Exp.3: Isometrische Kraftproduktion bei Greifbewegungen unter Variation der Schwerkraft	92
3.3.1.	Rohdaten	92

3.3.2.	Analyse der maximalen Kraft	94
3.3.2.1.	Ausmaß der maximalen Kraft	95
3.3.2.2.	Richtungsabweichung der maximalen Kraft	98
3.3.2.3.	Maximale Kraft in Abhängigkeit des Schwerkraftanteils	100
3.3.2.4.	Nacheffekte erhöhter Schwerkraft auf die maximale Kraft	102
3.3.2.5.	Trainingseffekte der maximalen Kraft	103
3.3.3.	Vergleich zwischen initialer, maximaler und Endkraft	103
4.	Diskussion	109
4.1.	Methodenkritik	109
4.1.1.	Kritische Betrachtung der Methodik in Exp.1 und 2	109
4.1.2.	Kritische Betrachtung der Methodik in Exp.3	114
4.2.	Einfluss verschiedener Rückmeldebedingungen auf Greifbewegungen	116
4.2.1.	Einfluss der Rückmeldebedingungen in Exp.1A	117
4.2.1.1.	Zeitliche Variablen	117
4.2.1.2.	Positionsvariablen	124
4.2.2.	Einfluss veränderter Schwerkraft	129
4.2.2.1.	Zeitliche Variablen	129
4.2.2.2.	Positionsvariablen	132
4.2.2.3.	Zusammenfassende Betrachtung	133
4.3.	Die Zeit-Genauigkeitsrelation bei Greifbewegungen	134
4.3.1.	Erhöhung der maximalen Apertur und End-Apertur	135
4.3.2.	Erhöhung der Variabilität	136
4.3.3.	Einfluss der Schwereelosigkeit auf die Zeit-Genauigkeitsrelation	139
4.4.	Isometrische Kraftproduktion bei Greifbewegungen unter Variation der Schwerkraft	143
4.4.1.	Analyse der maximalen Kraft	143
4.4.1.1.	Isometrische Kraftproduktion in normaler Schwerkraft	143
4.4.1.2.	Isometrische Kraftproduktion in erhöhter Schwerkraft	145
4.4.2.	Vergleich der initialen, maximalen und End-Kraft	149
4.4.3.	Praktische Relevanz	150

5. Ausblick	151
6. Zusammenfassung	152
7. Literaturverzeichnis	154

# Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Darstellung des Versuchsaufbaus in Exp.1 und Exp.2	32
Abb.2: Grafische Rückmeldung über die produzierte Bewegungszeit	37
Abb.3: Flugprofil des Parabelfliegers	39
Abb.4: Aperturprofil für die Greifkomponente einer Bewegung zu einem 7 cm großen Zielpunkt	43
Abb.5: A: Darstellung der Zentrifuge in Fahrt B: Innenraum der Kabine und Verbindungen zum Kontrollraum	46
Abb.6: Allgemeiner Versuchsablauf innerhalb einer Sitzung	48
Abb.7: Darstellung der Soll-Amplitude und –richtung durch einen Vektor	49
Abb.8: Resultierende Kraft in Abhängigkeit der Zeit	51
Abb.9: Rohdaten für die Transport- und Greifkomponente	54
Abb.10: Reaktionszeit in Exp.1A	57
Abb.11: Maximale Geschwindigkeit in Exp.1A	58
Abb.12: Negative Beschleunigungsphase in Exp.1A	60
Abb.13: Bewegungsdauer in Exp.1A	61
Abb.14: Variabilität der End-Position in Exp.1A	62
Abb.15: $A_{\max}$ , $A_{\text{end}}$ und deren Variabilität in Exp.1A	64
Abb.16: Reaktionszeit in Exp.1B	68
Abb.17: Bewegungsdauer in Exp.1B	69
Abb.18: Variabilität $V_{EP_T}$ , $V_{A_{\max}}$ und $V_{A_{\text{end}}}$ in Exp.1B	70
Abb.19: Bewegungsdauer in Exp.2A	74
Abb.20: Variabilität der End-Position in Exp.2A.	75
Abb.21: $A_{\max}$ , $A_{\text{end}}$ und deren Variabilität in Exp.2A.	76
Abb.22: Bewegungsdauer in Exp.2B	78
Abb.23: $A_{\max}$ , $A_{\text{end}}$ und deren Variabilität in Exp.2B	80
Abb.24: Bewegungsdauer in Exp.2C	82
Abb.25: Variabilität der End-Position in Exp.2C	83
Abb.26: $A_{\max}$ , $A_{\text{end}}$ und deren Variabilität in Exp.2C	85
Abb.27: Zusammenfassung der Variabilität in Exp. 2A-C	87
Abb.28: Bewegungsdauer in Exp.2D	89
Abb.29: $A_{\max}$ , $A_{\text{end}}$ und deren Variabilität in Exp.2D	91
Abb.30: Krafttrajektorien in der Ebene und Kraftverlauf über die Zeit	93

Abb.31: Maximale Kraft.	95
Abb.32: Maximale Kraft in Abhängigkeit von der Sollrichtung und der Schwerkraft	97
Abb.33: Maximale Kraft in Abhängigkeit von der Sollrichtung und Amplitude	98
Abb.32: Richtungsabweichung der maximalen Kraft in Abhängigkeit von der Sollrichtung und Schwerkraft	99
Abb.33: Maximale Kraft in Abhängigkeit des Schwerkraftanteils	101
Abb.34: Initiale Kraft und Endkraft	105
Abb.35: Prozentualer Kraftanstieg der initialen, maximalen Kraft und End-Kraft	107

## 1. Einleitung

Das Greifen von Gegenständen und deren Manipulation spielt im täglichen Leben eine dominierende Rolle. In der Arbeitswelt werden Maschinen durch die Handhabung von Schaltern oder Hebeln bedient, zum Schreiben wird ein Stift gegriffen und durch feine Handbewegungen und mit einem angemessenen Krafteinsatz über das Papier geführt, und fast alle Tätigkeiten im Haushalt erfordern das Greifen verschiedenster Geräte und die Anpassung an die jeweiligen Eigenschaften der bearbeiteten Objekte.

Von großer Bedeutung sind Greifbewegungen vor allem auch im Sport, z.B. beim Fangen eines Balles im Handball oder beim Jonglieren, beim Turnen an den verschiedenen Geräten wie Reck, Ringe, Barren oder Pferd oder bei der Handhabung eines Schlägers im Tennis oder Badminton. Aber auch das „umgekehrte“ Greifen, nämlich das Loslassen zum richtigen Zeitpunkt, ist Bestandteil einer Greifbewegung und ist z.B. im Frisbeesport, beim Bogenschießen oder Werfen eines Balles von Bedeutung.

Dabei können jeweils unterschiedliche Qualitäten des Greifens, wie z.B. Schnelligkeit, Genauigkeit oder die Kraftausübung im Vordergrund stehen, die anhand des Kletterns verdeutlicht werden sollen:

- Das Klettern an der Wand beinhaltet die *Bewegung des Armes* in die entsprechende Richtung und Entfernung bezüglich der gewünschten Zielposition und die *Formation der Hand*, bzw. der Finger in Abhängigkeit von Form und Orientierung des Zieles. Somit kann von zwei Phasen ausgegangen werden, die entweder zeitgleich oder nacheinander ausgeführt werden können.
- Die Beschaffenheit der Wand erfordert verschiedenartige *Greifarten*. Große Vorsprünge werden mit der ganzen Hand umfasst, kleine Erhebungen erfordern einen Präzisionsgriff mit nur wenigen Fingern, Spalten werden genutzt, um die flache Hand oder die Faust darin zu verkeilen.
- Ist ein Griff gefunden, geben die Sinnesrezeptoren *Rückmeldung* über dessen Sicherheit. Dies erfolgt hauptsächlich anhand taktiler und visueller Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit des Felsens oder die Wahrnehmung von Hautverschiebungen, die ein Abrutschen signalisieren können. Diese sensorische Rückmeldung kann durch Tragen von Handschuhen oder schlechter Sicht beeinflusst werden.

- Der Schwierigkeitsgrad der Wand hat einen Einfluß auf die *Schnelligkeit* des Kletterns. Besteht die Wand aus großen, sicheren Greifmöglichkeiten, kann das Klettern zügiger erfolgen als bei kleinen, schwierigeren Greifmöglichkeiten, die einen präziseren Griff erfordern. Umgekehrt verhindert schnelles Klettern zwar eine frühzeitige Ermüdung vor Erreichen des Zieles, birgt allerdings die Gefahr einer höheren Ungenauigkeit, die zum Absturz führen kann.
- Unterschiedliche Felsoberflächen verlangen den Einsatz einer definierten *Kraft*. So muß bei nassem Fels oder einem glatten Kieselstein eine höhere Greifkraft eingesetzt werden als bei rauhem Fels, um ein Abrutschen zu verhindern.

Von besonderer Bedeutung für die Analyse von Greifbewegungen sind demnach die Betrachtung verschiedener Griffarten und der einzelnen Komponenten innerhalb einer Greifbewegung. Weiterhin scheinen unterschiedliche sensorische Rückmeldebedingungen und Anforderungen an Genauigkeit und Schnelligkeit der Bewegungen wesentlich für die Ausführung zu sein.

Ebenso wird deutlich, dass Greifbewegungen sich an ständig wechselnde Umweltbedingungen anpassen müssen. Dies kann z.B. durch den Abruf generalisierter motorischer Programme erfolgen (Schmidt 1975), die dann situationsabhängig durch Veränderung einzelner Parameter wie z.B. Auswahl der involvierten Muskeln, zeitlicher Variablen und Krafteinsatz modifiziert werden. Problematisch wird die Modifikation, wenn *extreme* Veränderungen der Umwelteinflüsse erfolgen, wie z.B. die Erfahrung einer veränderten Schwerkraft<sup>1</sup> aufgrund auf den Körper wirkender Beschleunigungen. Im Alltag erlebt man kurzfristige Schwerkraftänderungen z.B. im Aufzug, auf einer Schaukel, auf der Achterbahn, oder bei Beschleunigung eines Autos oder Flugzeugs. Im Bereich des Sports werden z.B. beim Wasserspringen Bewegungen im freien Fall ausgeführt, beim Trampolinspringen erfährt der Körper Phasen erniedrigter Schwerkraft im Flug und Phasen erhöhter Schwerkraft bei der Landung. Beim Tauchen wird durch den Auftrieb des Wassers die Schwerkraft des Körpers reduziert, so dass diese Bedin-

---

<sup>1</sup> Der Begriff einer „veränderten Schwerkraft“ ist im physikalischen Sinne nicht ganz korrekt, da die Schwerkraft (=Erdbeschleunigungskraft) in Erdnähe immer nahezu gleich ist. Bei einer erhöhten Beschleunigung oder im freien Fall verändert sich demnach nur die *Gewichtskraft*, die auf den Körper wirkt. Da im allgemeinen Sprachgebrauch der Begriff der veränderten Schwerkraft durchaus üblich ist und im Zusammenhang mit dieser Arbeit treffender erschien, wird Schwerkraft im Folgenden als die auf den Körper wirkende Gewichtskraft definiert.

Als Schwerelosigkeit wird der Zustand bezeichnet, bei dem die Masse kein Gewicht besitzt und ist genaugenommen eine Form des freien Falls. Die Abkürzung „G“ wird im Folgenden für die Erdbeschleunigung verwendet, die als  $1G = 9.81 \text{ m/s}^2 = 1 * g$  (engl. gravity) definiert ist. 3G würden der dreifachen Erdbeschleunigung entsprechen.

gung unter Wasser sogar genutzt werden kann, um z.B. Arbeitsabläufe von Astronauten zu trainieren.

Von hoher Relevanz wäre die Betrachtung der Greifmotorik, wenn längerfristige Veränderungen der Schwerkraft vorhanden sind, wie dies z.B. bei Astronauten der Fall ist. In Schwerelosigkeit müssen hier Arbeiten verrichtet werden, bei denen Greifbewegungen eine große Rolle spielen. Dies ist z.B. bei der Bedienung von Schalttafeln oder bei Reparaturarbeiten, die feinmotorische Manipulationen von Objekten beinhalten, der Fall. Während Astronauten ihre Tätigkeiten im freien Fall, also während Schwerelosigkeit verrichten müssen, sind Greifbewegungen während erhöhter Beschleunigungen und dadurch verstärkter Schwerkraft z.B. im Arbeitsalltag von Jetpiloten relevant. Bei extremen Beschleunigungen oder Kurvenflügen treten dabei Beschleunigungen von bis zu 9 G auf, die sich auf die Steuerung des Flugzeugs auswirken und damit die Flugsicherheit gefährden könnten. Tatsächlich liegen Hinweise vor, dass eine der Hauptursachen für Flugunfälle auf unzureichenden motorischen Fertigkeiten beruht (Wiegmann et al. 2002).

Aufgrund der Relevanz von Greifbewegungen in Sport und Arbeitsalltag, sowie die Notwendigkeit für deren Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen, ist eine umfassende Untersuchung von Greifbewegungen wünschenswert, deren Grundlagen im Folgenden dargestellt werden sollen.

### **1.1. Die verschiedenen Komponenten von Greifbewegungen**

Die Komplexität von Greifbewegungen beruht auf dem Zusammenspiel verschiedener Komponenten, die für eine sinnvolle Bewegung koordiniert werden müssen. Die Durchführung einer Greifbewegung erfordert die Positionierung des Armes und der Hand zum Zielobjekt in der *Transportkomponente* und das Öffnen und Schließen der Finger in der *Greifkomponente*. Daran anschließend folgt eine Phase der Objektmanipulation. Dabei sind in Abhängigkeit von der Objekteigenschaft verschiedenartige Manipulationen möglich, wie z.B. das Drehen oder Kippen eines Schalters, das Umblättern von Seiten oder einfach nur das Aufheben und Halten eines Gegenstandes. Allen Manipulationen ist dabei die Ausübung einer Kraft auf das Objekt gemeinsam, so dass im Folgenden der Begriff *Kraftkomponente* verwendet und beschrieben wird, ohne auf die einzelnen möglichen Manipulationen im Detail einzugehen.

### 1.1.1. Charakteristik der Transport- und Greifkomponente und deren Kopplung

Jeannerod (1981) klassifizierte Objekte nach intrinsischen (Größe, Form, Oberfläche, Gewicht) und extrinsischen Eigenschaften (Distanz, Position, Orientierung). Ausgehend von dieser Klassifizierung fand er heraus, dass die Größe eines Objektes nur die Greifkomponente beeinflusste, während die Geschwindigkeitsprofile der Transportkomponente unbeeinflusst blieben. Dagegen beeinflusste die Position des Objektes die Transportkomponente, aber nicht die Greifkomponente. Aufgrund dieser Erkenntnisse formulierte er die Hypothese separater visuomotorischer Kontrollmechanismen, die besagt, dass jeweils nur die intrinsischen bzw. extrinsischen Objekteigenschaften einen Einfluss auf die jeweiligen Komponenten besitzen. Auf der anderen Seite fand er aber ebenso eine starke zeitliche Kopplung zwischen beiden Komponenten, die sich durch eine hohe Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der maximalen negativen Beschleunigung der Transportkomponente und der maximalen Fingeröffnung (Apertur) ausdrückte. Aufgrund dieser Invarianz schlug er ein zentral generiertes allgemeines Bewegungsprogramm zur Koordination beider Komponenten vor (Jeannerod 1984). In Übereinstimmung mit dieser Theorie konnten grundlegende Prinzipien für beide Komponenten der Greifbewegungen aufgezeigt werden:

- Beide Komponenten zeigen ein glockenförmiges, aber asymmetrisches Geschwindigkeitsprofil mit verlängerter Phase der negativen Beschleunigung (Jeannerod 1984; Marteniuk et al. 1990).
- Die Bewegungsdauer der Transportkomponente und die Zeit bis zum Erreichen der maximalen Apertur verlängerte sich mit größerer Distanz zum Zielobjekt (Paulignan et al. 1997).
- Der Zeitpunkt der maximalen Apertur sowie der maximalen negativen Beschleunigung der Transportkomponente kann zwischen 60 und 70% der gesamten Bewegungsdauer beobachtet werden (Jeannerod 1981; Jeannerod 1984; Wing et al. 1986).
- Für die maximale Apertur wurde ein linearer Zusammenhang zur Objektgröße gezeigt, d.h. deren Wert vergrößerte sich für jede Vergrößerung des Objektdurchmessers von 1 cm um den Faktor 0.77 cm (Marteniuk et al. 1990; Zaal und Bootsma 1993).

Beide Komponenten besitzen demnach einerseits voneinander unabhängige Eigenschaften, müssen andererseits aber auch einem ständigen Informationsaustausch unterliegen, damit eine sinnvolle Greifbewegung gewährleistet ist. Ergebnisse zahlreicher Studien, die beide Komponenten analysierten sind allerdings widersprüchlich und belegen, dass eine strikte Trennung