2 Der Einfluß von Richtungsänderungen einer Route auf die Distanzkognition

In den folgenden beiden Experimenten wird die von Sadalla und Magel (1980) formulierte Hypothese, daß die Anzahl von Richtungsänderungen einen Einfluß auf die geschätzte Länge eines Weges hat, im virtuellen Raum überprüft. Die beiden Experimente unterscheiden sich in der bei der Erfassung der Umgebungsdistanz verwendeten Methoden, im Experiment I werden die Methoden der Größenverhältnisschätzung und die der Rekonstruktion anhand von Zeichnungen, im Experiment II eine Herstellungsmethode angewendet.

Sadalla und Magel (1980) untersuchten den Einfluß von Richtungsänderungen auf Umgebungsdistanzen. Sie zeigten, daß Wege, die häufiger eine Richtungsänderung erzwangen - in diesem Fall sieben im rechten Winkel abgehende Richtungsänderungen - länger geschätzt werden als Wege, die bei gleicher Länge aus nur zwei im rechten Winkel aufeinander stehenden Segmenten bestanden. Dieses Ergebnis ist zum einen unabhängig davon, ob die Versuchspersonen die Wege in der Lernphase einmal oder dreimal abgingen, zum anderen von der zum Lernen der Wege benötigten Zeit. In einem zweiten Experiment zeigten die Autoren, daß die Anzahl der Richtungsänderungen keinen Einfluß auf die Schätzung der Dauer der gegangenen Wege hat. In einem dritten Experiment wurde nachgewiesen, daß auch ein Weg mit fünf Richtungsänderungen länger als ein Weg mit drei Richtungsänderungen geschätzt wurde und daß dieses Ergebnis von der Entfernung zwischen Start und Ziel der Wege unabhängig war. Für die Interpretation der Befunde zur Bedeutung von Richtungsänderungen für die Kognition von Distanzen stehen die Erklärungsmöglichkeiten der „Storage-Hypothese“, der „Scaling-Hypothese“, und der „Effort-Hypothese“ nebeneinander: Die *Storage-Hypothese* geht auf das Informationsspeicherungsmodell von Milgram (1973) zurück: Ein stark unterteilter Weg enthält mehr Information, bedingt eine größere Informationsverarbeitungsaktivität und produziert ein „Mehr“ an gespeicherter Information. Die Probanden schätzen komplexe Wege länger, weil sie mehr Information enthalten und somit mehr Information gespeichert werden muß. Die *Scaling-Hypothese* geht davon aus, daß rechtwinklige Abzweigungen den Weg in Segmente teilen und die wahrgenommene Länge der einzelnen Segmente additiv kombiniert wird, um den ganzen Weg zu schätzen. Bei zwei Wegen derselben objektiven Länge und gleich langer Segmente innerhalb eines Weges, die jedoch in der Anzahl der Richtungsänderungen variieren, sind notwendigerweise die Segmente des Weges mit weniger Richtungsänderungen länger. Da bei der Schätzung von Umgebungsdistanzen größere Distanzen bezogen auf ihre objektive Länge eher unterschätzt, kleinere Distanzen eher überschätzt werden (bzw. größere Distanzen stärker unterschätzt oder weniger stark überschätzt werden als kleinere Distanzen) (Dainoff et. al., 1974), werden die längeren Segmente in Relation zu den kürzeren Segmenten des Weges mit der größeren Anzahl von Richtungsänderungen „komprimiert“, d.h. die längeren Segmente

werden im Verhältnis zu den kürzeren Segmenten unterschätzt. Bei der Addition dieser komprimierten Segmente zur Schätzung der Länge des gesamten Weges wird dieser damit unterschätzt. Die *„Effort-Hypothese“* geht davon aus, daß Versuchspersonen die Länge des gegangenen Weges aufgrund der benötigten Anstrengung beurteilen. Grundannahme ist, daß das Abgehen komplexer Wege im Vergleich zu weniger komplexen Wegen mit einer subjektiv größeren Anstrengung verbunden ist: komplexe Wege werden länger als weniger komplexe geschätzt.

Erwartet wird, daß von zwei objektiv gleich langen Wegen der Weg mit mehr Richtungsänderungen länger geschätzt wird als der Weg mit weniger Richtungsänderungen.[10] Die Anwendung der Herstellungsmethode im zweiten Experiment soll zudem eine Aussage über das Verhältnis der geschätzten zur objektiven Länge der Wege erlauben.

2.1 Methode

Versuchspersonen: An dem ersten Experiment nahmen 20 Studierende der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg teil, 11 männliche (Durchschnittsalter: 27,18 Jahre) und 9 weibliche (Durchschnittsalter: 25,33 Jahre). An dem zweiten Experiment nahmen 15 Studierende der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg teil, 13 männliche (Durchschnittsalter: 27,77 Jahre) und 2 weibliche (Durchschnittsalter: 26 Jahre).

Versuchsmaterial: Das Versuchsmaterial bestand in beiden Experimenten aus Wegen, die mit dem Softwareprodukt VRT 4.00 simuliert wurden. Im ersten Experiment wurden folgende vier Wege eingesetzt: Ein Weg A, der 200 Einheiten lang war und 2 Richtungsänderungen beinhaltete, ein Weg B, der ebenfalls 200 Einheiten lang war und 7 Richtungsänderungen umfaßte, ein gerader, 100 Einheiten langer Weg C und ein gerader 300 Einheiten langer Weg D. Im zweiten Experiment fehlte der Weg C. Die Wege A-C glichen in der Obenaufsicht den Wegen aus der Originalstudie von Sadalla und Magel (1980), die in Abbildung 9 verdeutlicht sind.

[10] Wenn hier die Begriffe der Richtungsänderung und der rechtwinkligen Abzweigung verwendet werden, sind immer die Örter gemeint, die durch eine Richtungsänderung oder durch eine rechtwinklige Abzweigung bestimmt sind.

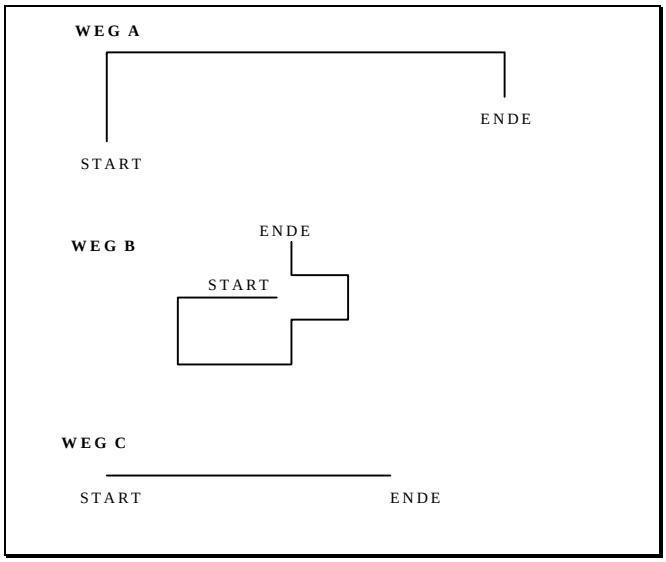

Abb. 9: Abbildung der Wege in der Obenaufsicht

Abbildung 10 zeigt eine Ansicht des Monitorbildes beim Start eines Experimentes.

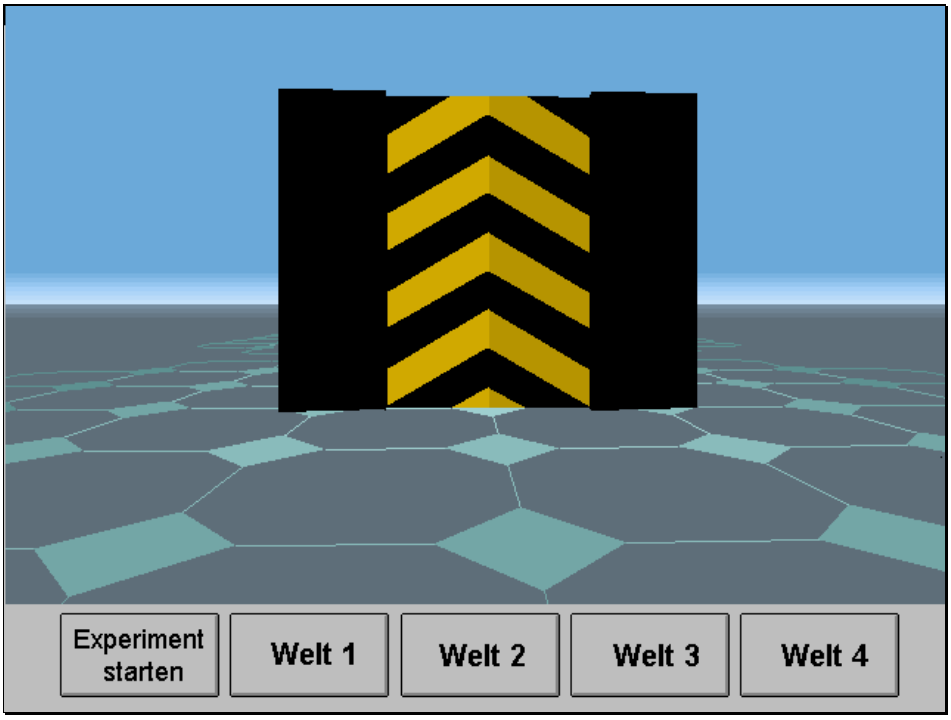

Abb. 10: Ansicht des Monitorbildes beim Start eines Experimentes

In der Ansicht des Anfangsbildes beim Start eines Experimentes ist eine Tür zu sehen, die den Blick auf - in diesem Fall - Weg C versperrt. Die Felder in der Menüleiste ermöglichen ein problemloses Starten des Experimentes und ein Umschalten zwischen den einzelnen Wegen, die hier mit Welten bezeichnet wurden.

Welt 1 bezeichnet hier den Weg A, Welt 2 den Weg B usw.. Im Unterschied zu der Studie von Sadalla und Magel (1980) wurden in der virtuellen Umgebung die Wege mit Bodenfliesen simuliert.

Die Versuchspersonen saßen vor einem 17 Zoll-Monitor und erlernten die Wege durch aktives Navigieren mit dem Joystick.

Im ersten Experiment erhielten die Versuchspersonen einen Protokollbogen. Auf diesem Protokollbogen war eine waagerechte Linie eingezeichnet, auf welcher der Weg C mit X für den Start und Y für das Ende abgetragen war. Dieser Weg C entsprach etwa einem Drittel der gesamten waagerechten Linie.

Versuchsablauf: Der Versuch fand in Einzelsitzungen statt, die ca. 20 Minuten dauerten. Zunächst erhielten die Studierenden - die alle bereits mit dem Umgang mit einem Joystick vertraut waren - in einer virtuellen Übungswelt die Möglichkeit, sich mit der Einstellung des Joysticks bzgl. der Rotations- und Translationsmöglichkeit vertraut zu machen. Die virtuelle Übungswelt bestand aus einer Kombination von Räumen.

Im ersten Experiment wurden die Studierenden instruiert, die drei Wege A - C jeweils einmal hin- und zurück- zu explorieren, wobei die Reihenfolge der Exploration der Wege A und B variierte; der Weg C wurde jeweils zuletzt exploriert. Die für das Gehen der Wege benötigte Zeit wurde registriert. Die sich anschließende Testphase bestand aus zwei Teilen: Zuerst wurden die Probanden gebeten, auf dem Protokollbogen, auf dem der Startpunkt mit X gekennzeichnet war, die Länge der Wege A und B in Relation zum eingetragenen Weg C abzutragen.

Es handelt sich dabei um eine Größenverhältnisschätzung, die eine Rekonstruktion der Wege auf einem eindimensionalem Format verlangt. Sadalla und Magel (1980) sprechen von der Anwendung einer *„Method of reproduction“*, dieser Begriff wird jedoch im Rahmen dieser Arbeit einer nicht-symbolischen Schätzung vorbehalten (vgl. Seite 49). Die mit dieser Art der Größenverhältnisschätzung gewonnenen Schätzungen werden in mm gemessen.

Weiterhin wurden die Probanden aufgefordert, die Wege A und B auf einem weißen Din-A4-Blatt zu zeichnen, die gezeichnete Länge wurde in Millimetern gemessen. Nach Beendigung der Zeichenaufgabe explorierten die Versuchspersonen entweder den Weg A oder den Weg B ein zweites Mal. Daran schloß sich die Aufgabe an, die Dauer des Weges A oder B zu schätzen: Sie gingen den Weg D (Welt 4) so lange,

wie ihrer Meinung nach der Weg A bzw. B gedauert hatte. Der Weg D, der in der Gestaltung den Wegen A und B entsprach, ist in Abbildung 11 verdeutlicht.

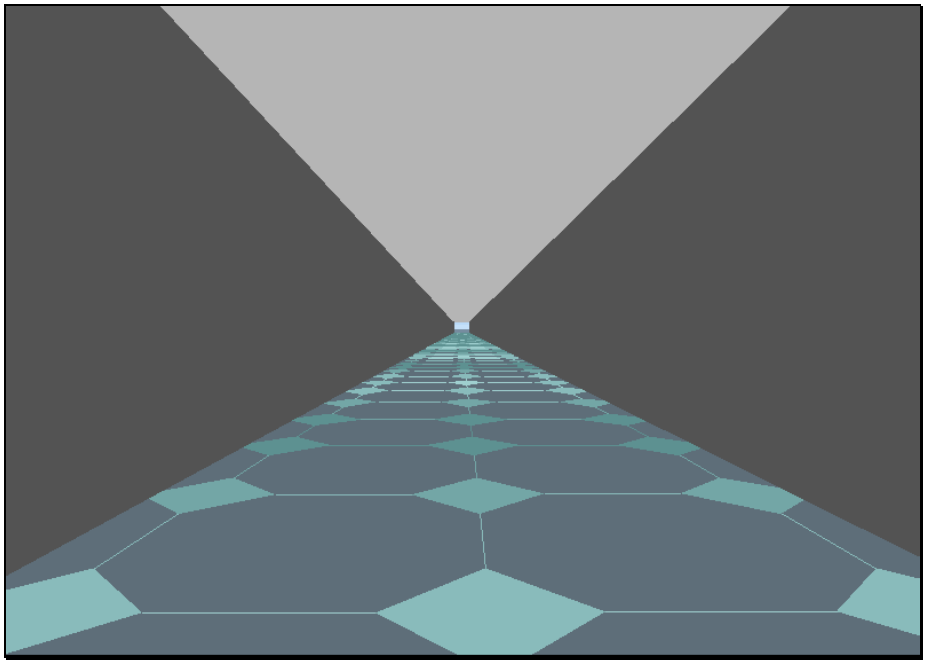

Abb. 11: Einblick in die Gestaltung des Weges D

Im zweiten Experiment wurden die Studierenden aufgefordert, die Wege A und B hintereinander zu explorieren, wobei die Reihenfolge der Darbietung der Wege ebenfalls ausbalanciert wurde.

In der anschließenden Testphase wurden die Probanden aufgefordert, den Weg D soweit zu gehen, bis sie meinten, die Länge der beiden Wege gegangen zu sein: Sie sollten die Escape-Taste drücken, wenn sie meinten, die Länge des kürzeren Weges gegangen zu sein und dann, wenn notwendig, weitergehen und wiederum die Escape-Taste drücken, wenn sie meinten, nun den Rest der Länge des anderen Weges gegangen zu sein. Sie wurden darauf hingewiesen, daß es sich um eine Schätzung der Länge der Wege handelte.

Versuchsplan: Beiden Experimenten liegt ein einfaktorieller Versuchsplan mit Meßwiederholungen auf dem Faktor A „Art der Wege“ (A1: Weg A mit 2 Richtungsänderungen, A2: Weg B mit 7 Richtungsänderungen) zugrunde. Die abhängigen Variablen im ersten Experiment waren AV1: geschätzte Länge der Wege; AV2: gezeichnete Länge der Wege; AV3: hergestellte Dauer der zurückgelegten Wege; die abhängige Variable AV4 im zweiten Experiment war die hergestellte Länge des in der Testphase gegangenen Weges.

2.2 Ergebnisse

Im ersten Experiment wurden die auf dem Protokollbogen gezeichneten Längen der Wege A und B in Millimetern gemessen. Bei der zeichnerischen Rekonstruktion wurde die Länge der Wege in Millimetern und darüber hinaus die Anzahl und die Ausrichtung der eingezeichneten Richtungsänderungen erfaßt. Bei der Anwendung der Herstellungsmethode wurde die **Zeit** für die Rekonstruktion des Weges in Sekunden gemessen.
Im zweiten Experiment wurde die **Länge** des hergestellten Weges in Einheiten des Software-Programmes berechnet und in prozentuale Relation zur objektiven Länge des jeweils hergestellten Weges gesetzt.

Abbildung 12 zeigt die durch eine Verhältnisschätzung erhobenen Mittelwerte und den Standardfehler der geschätzten Weglängen in Millimetern (Experiment I).

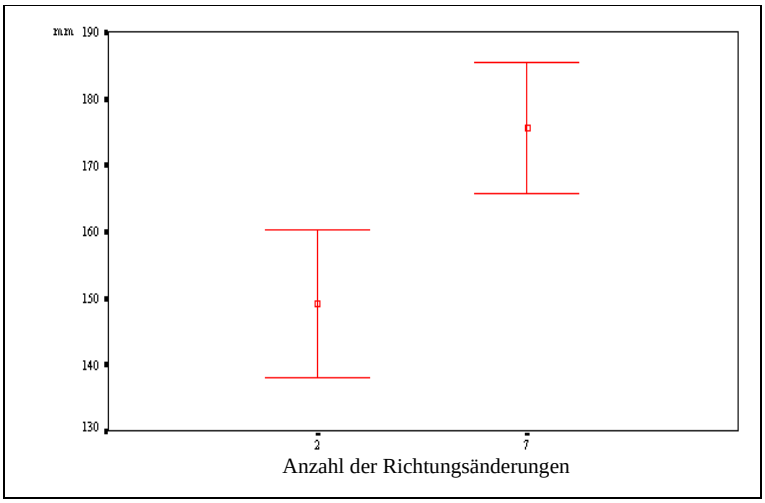

Abb. 12: Mittelwerte und Standardfehler der geschätzten Weglängen in mm in Abhängigkeit von der Anzahl der Richtungsänderungen (Anwendung der Größenverhältnissschätzmethode)

Aus der Abbildung 12 wird deutlich, daß der Weg A mit zwei Richtungsänderungen kürzer geschätzt wird als der Weg B mit sieben Richtungsänderungen (Weg A: $\bar{x} = 149{,}25mm$, $s\ \bar{x} = 11{,}08$, Weg B: $\bar{x} = 175{,}6mm$, $s\ \bar{x} = 9{,}86$). Der Unterschied erweist sich als signifikant ($t_{(19)} = 2{,}94$, $p<.005$).

Die folgende Abbildung (Abb. 13) zeigt die Mittelwerte und den Standardfehler der gezeichneten Weglängen in Millimetern (Experiment I).

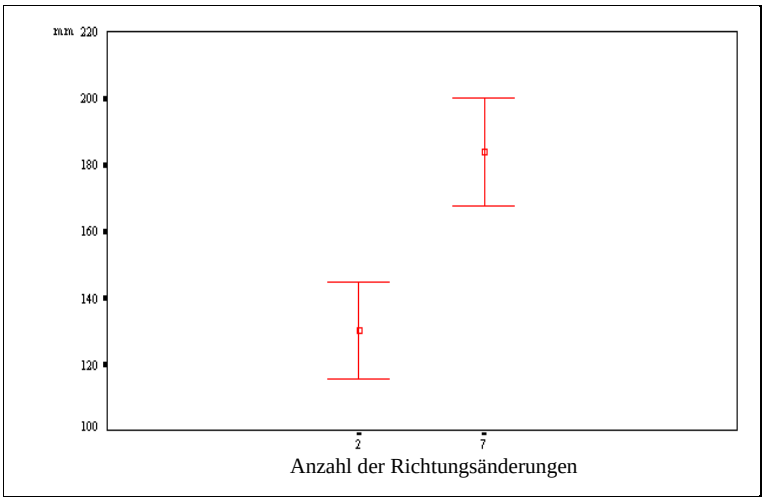

Abb. 13: Mittelwerte und Standardfehler der gezeichneten Weglängen in mm in Abhängigkeit von der Anzahl der Richtungsänderungen (Anwendung der Zeichenmethode)

Aus der Abbildung 13 läßt sich entnehmen, daß der Weg A mit zwei Richtungsänderungen kürzer geschätzt wird als der Weg B mit sieben Richtungsänderungen (Weg A: $\bar{x} = 130{,}25mm$, $s\ \bar{x} = 14{,}65$, Weg B: $\bar{x} = 183{,}85mm$, $s\ \bar{x} = 16{,}16$). Der Unterschied erweist sich als signifikant ($t_{(19)} = 2{,}87$, p=.005).

Abbildung 14 zeigt die Mittelwerte der Länge der gegangenen Wege A und B in Relation zur physikalischen Länge (Experiment II).

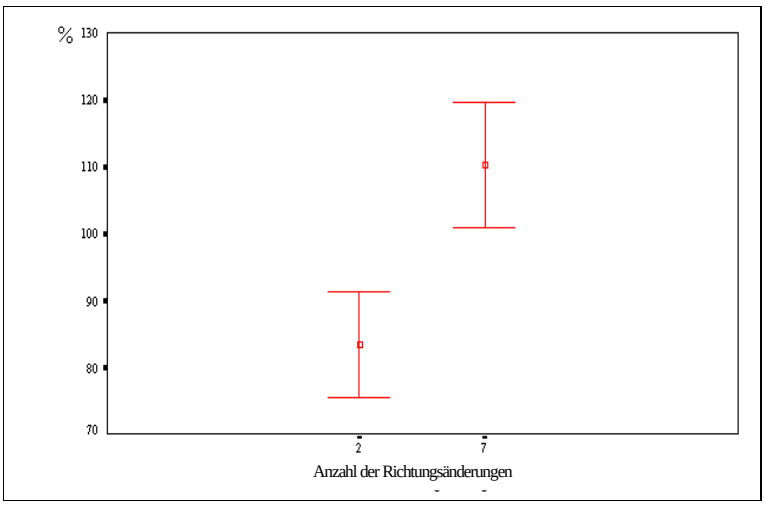

Abb. 14: Länge des gegangenen Weges in Relation zur objektiven Weglänge in %. Mittelwerte und Standardfehler in Abhängigkeit von der Anzahl der Richtungsänderungen

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß auch bei Anwendung der Herstellungsmethode der Weg A mit weniger Richtungsänderungen kürzer geschätzt wird als der Weg B mit mehr Richtungsänderungen (Weg A: $\bar{x} = 2{,}7*10^6\ Einheiten$, $s\ \bar{x} = 0{,}8*10^5$; Weg B:

$\bar{x} = 3*10^6$ *Einheiten*, $s\ \bar{x} = 0{,}9*10^5$). Dieser Unterschied erweist sich als signifikant ($t_{(14)}$ = 3,56, p<.005). Darüber hinaus zeigt die Abbildung, daß die Länge des Weges A im Verhältnis zur objektiven Länge des Weges unterschätzt, der Weg B im Verhältnis zur objektiven Länge überschätzt wird (Weg A: $\bar{x} = 83{,}5\%$, $s\ \bar{x} = 7{,}92$; Weg B: $\bar{x} = 110{,}35\%$, $s\ \bar{x} = 9{,}35$).

Bei beiden Experimenten hatte die Reihenfolge der Darbietung der zu lernenden Wege keinen Einfluß auf die Längenschätzungen. Im ersten Experiment zeigte sich kein Einfluß des Geschlechts auf die Schätzung der Weglänge, so daß bei der Auswahl der Versuchspersonen im zweiten Experiment die Geschlechtszugehörigkeit als Zuordnungskriterium vernachlässigt wurde.

Betrachtet man die Zeit, die die Studierenden benötigten, um die beiden Wege A und B zu explorieren, zeigte sich sowohl im ersten Experiment ein signifikanter Unterschied ($t_{(19)}$ = 4,03, p=.001) in der benötigten Zeit, die beiden Wege zu durchlaufen (Weg A: $\bar{x} = 55{,}21\,\text{sec}$, $s\ \bar{x} = 0{,}22$; Weg B: $\bar{x} = 57{,}14\,\text{sec}$, $s\ \bar{x} = 0{,}52$) als auch im zweiten Experiment ($t_{(19)}$ = 4,64 p<.001 mit Weg A: $\bar{x} = 55{,}24\,\text{sec}$, $s\ \bar{x} = 0{,}28$; Weg B: $\bar{x} = 58{,}24\,\text{sec}$, $s\ \bar{x} = 0{,}74$). Dieser Unterschied scheint ein methodisches Artefakt zu sein, da die eingestellte Rotationsgeschwindigkeit dazu führte, daß für die Exploration des Weges mit mehr Richtungsänderungen längere Zeit benötigt wurde.

Um den Einfluß dieses methodischen Artefaktes auszuschließen, stellt sich die Frage nach einem Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Längenschätzung der Wege A und B und der unterschiedlichen Explorationszeit. Ein positiver linearer Zusammenhang bestände dann, wenn die Überschätzung des Weges B im Verhältnis zum Weg A mit einer größeren Explorationszeit des Weges B (wiederum im Verhältnis zum Weg A) einherginge. In diesem Fall ließe sich die Überschätzung des Weges B im Verhältnis zum Weg A nicht allein auf die unterschiedliche Anzahl von Richtungsänderungen zurückführen.

Zur Untersuchung dieses Zusammenhanges wurden die Differenzen zwischen den geschätzten Längen der Wege A und B mit den Differenzen der für die Exploration der Wege benötigten Zeiten korreliert. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den verschiedenen Längenschätzungen und der benötigten Explorationszeit (bei Anwendung der Verhältnisschätzung: r =.19, p=.416; bei Anwendung der Zeichenmethode: r =.16, p=.494 und bei Anwendung der Herstellungsmethode: r =.01, p=.971).

Die Auswertung der im Anschluß an die räumlichen Längenschätzungen abgegebene Herstellung der Wegzeit im ersten Experiment zeigte, daß die Wege A und B annähernd gleich lang geschätzt wurden (Weg A: $\bar{x} = 51{,}2\,\text{sec}$, $s_{\bar{x}} = 1{,}8$; Weg B: $\bar{x} = 49{,}14\,\text{sec}$, $s_{\bar{x}} = 2{,}15$). Beide Wege werden gegenüber der tatsächlichen für das Zurücklegen der Wege benötigten Zeit unterschätzt.

Die Analyse der Anzahl der eingezeichneten Richtungsänderungen bei der Zeichenaufgabe zeigt im Durchschnitt eine relativ genaue Wiedergabe der richtigen Anzahl von Richtungsänderungen: Der Weg A mit zwei Richtungsänderungen wurde im Durchschnitt mit $\bar{x} = 2{,}3$ ($s_{\bar{x}} = 0{,}32$, max=8, min=0) Richtungsänderungen gezeichnet, der Weg B mit sieben Richtungsänderungen mit $\bar{x} = 7{,}4$ ($s_{\bar{x}} = 0{,}6$, max=14, min=4) Richtungsänderungen. 70% der Versuchspersonen schätzten die Anzahl der Richtungsänderungen des Weges A korrekt im Gegensatz von nur 20% der Probanden, die die richtige Anzahl von Richtungsänderungen des Weges B wiedergaben. Bei der Analyse der Ausrichtung der Richtungsänderungen wurden nur die Zeichnungen der Versuchspersonen berücksichtigt, die die richtige Anzahl von Richtungsänderungen wiedergegeben hatten: Für den Weg A wurde die richtige Reihenfolge der Ausrichtung - zwei aufeinanderfolgende rechte Abbiegungen - von 85,7% der berücksichtigten Versuchspersonen, 60% der Gesamtpopulation, richtig wiedergegeben. Die richtige Reihenfolge der Ausrichtung der Richtungsänderungen (links-links-links-rechts-links-links-rechts) für den Weg B wurde von keiner Versuchsperson erinnert.

2.3 Diskussion

Die Ergebnisse stehen im Einklang mit den oben formulierten Befunderwartungen: Ein Weg mit einer größeren Anzahl durch Richtungsänderungen bestimmter Örter wird länger geschätzt als ein gleich langer Weg mit einer geringeren Anzahl durch Richtungsänderungen bestimmter Örter.

Im Gegensatz zu der Originaluntersuchung von Sadalla und Magel (1980) zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der zur Exploration der Wege benötigten Zeit, wobei dieser Unterschied in keinem korrelativen Zusammenhang zu der unterschiedlichen Schätzung der Länge der Wege A und B stand. Die Anzahl von Richtungsänderungen - nicht die benötigte Wegzeit dienen als Heuristiken, um die Weglängen zu schätzen (vgl. Montello, 1995 und Seite 30). Neben der benötigten Wegzeit kann auch die Anstrengung als ein Einflußfaktor auf die Schätzung der Weglängen ausgeschlossen

werden. Alle Versuchspersonen waren mit der Handhabung des Joysticks vertraut, so daß sie keinen Unterschied in der benötigten Anstrengung erlebten, den Weg mit zwei bzw. sieben Richtungsänderungen zurückzulegen.

Durch den Ausschluß der erlebten Anstrengung als möglichen Einflußfaktor kann auch die *Effort-Hypothese* für die Erklärung der Befunde vernachlässigt werden. Eine Aussage über die Gültigkeit der *Scaling-Hypothese* kann anhand der hier gewonnen Daten nicht getroffen werden. Die Versuchspersonen waren nicht in der Lage, den Weg mit sieben Richtungsänderungen korrekt zu zeichnen, so daß eine Aussage bzgl. einer „Komprimierung“ der längeren Segmente des Weges A in Relation zu den kürzeren Segmenten des Weges B nicht möglich ist. Aufgrund des Ergebnisses, daß die Versuchspersonen die Anzahl der Richtungsänderungen der beiden Wege A und B annähernd genau geschätzt haben und unter der Annahme, daß ein Weg mit mehr Richtungsänderungen mehr Information enthält, ist die Gültigkeit der *Storage-Hpothese* anzunehmen: Die Versuchspersonen schätzen den komplexen Weg B länger, da sie mehr Informationen gespeichert haben. Dabei muß die Annahme, daß ein Weg mit mehr Richtungsänderungen auch mehr Information enthält, kritisch hinterfragt werden. Meines Erachtens läßt sich anhand der Ergebnisse dieser Experimente allein die Feature-Akkumulationshypothese bestätigen: Ein Weg mit mehr Features (hier in Form von durch Richtungsänderungen markierten Örtern) wird länger geschätzt als ein Weg mit weniger Features.

Bei der Erhebung der subjektiven Wegzeit zeigte sich kein Unterschied zwischen der Schätzung der beiden Wege A und B. Dies steht im Einklang zu weiteren Untersuchungen von Sadalla und Magel (1980), widerspricht jedoch zunächst Ergebnissen, die innerhalb der Zeitforschung gewonnen wurden: Ein Intervall größeren Informationsgehaltes wird zeitlich länger geschätzt als ein Intervall geringeren Informationsgehaltes (vgl. Ornstein, 1969 und Seite 45). Poynter (1989) konnte jedoch zeigen, daß nur bei objektiv kurzen Zeitintervallen (< 10 Sekunden) gefüllte gegenüber leeren Intervallen überschätzt werden, bei der Schätzung längerer Zeitintervalle kann sich dieser Zusammenhang umkehren (vgl. Zakay, 1989). Die Schätzung eines Zeitintervalls ist jedoch nicht nur von der objektiven Länge des Zeitintervalls und der Existenz von Ereignissen in diesem, sondern z.B. auch von der Art der Anweisung - retrospektiv vs. prospektiv - (vgl. Zakay, Tsal, Moses und Shahar, 1994 und Seite 45) oder der Diskretheit der Ereignisse abhängig (Poynter, 1989): *„... duration judgments are a function of (1) the number of perceived events (both sensory and organismic) (2) the discreteness of the events, and (3) how memorable the events are - this in turn will depend on how easily the pattern of*

events can be „chunked“ or reduced for efficient storage and retrieval“ (Poynter, 1989, S. 313). Die gleiche subjektive Wegzeit der Wege A und B kann vielleicht dadurch erklärt werden, daß sich die Wege zwar in der wahrgenommenen und gespeicherten Anzahl von Ereignissen (hier auftretende Richtungsänderungen), nicht aber in der Art der Ereignisse unterscheiden. Bei der Herstellung der Wegzeit ist damit nur das erlebte Zeitgefühl, nicht aber das Auftreten der Richtungsänderungen von Bedeutung.

Es sei darauf verwiesen, daß im Unterschied zu der Originalstudie von Sadalla und Magel (1980), in welcher die Versuchspersonen die Dauer der gelernten Wege im Verhältnis zu einer 20 Sekunden dauernden Geräuschdarbietung einstellen mußten, die Studierenden im vorliegenden Experiment aufgefordert wurden, so lange zu gehen, wie sie meinten, der Weg A bzw. B gedauert habe. Es handelt sich also um eine Schätzung des Zeitgefühls im selben Raum, wobei auch bei der Zeitschätzung der Weg fokussiert wurde.

Die subjektive Wegzeit im ersten Experiment wurde genau wie die geschätzte Länge der Wege im zweiten Experiment mit einer Herstellungsmethode erfaßt. Die Anwendung der Herstellungsmethoden unterschieden sich jedoch dadurch, daß die Versuchspersonen im ersten Experiment nur **einen** Weg zeitlich schätzen, während sie im zweiten Experiment **zwei** Wege räumlich schätzen mußten. Im ersten und zweiten Experiment waren die Versuchspersonen auf ihr subjektives Zeitgefühl angewiesen, das zweite Experiment implizierte jedoch noch vor Beginn der Aufgabe eine Entscheidung über das Längenverhältnis der beiden Wege, welche aufgrund der Anzahl der Richtungsänderungen getroffen wurde (siehe oben). Damit läßt sich meines Erachtens im zweiten Experiment die räumliche Schätzung schwer von einer zeitlichen trennen.

Aus diesem Grunde ist es schwierig, die Distanz- und Dauerschätzung zu vergleichen und eine generelle Aussage über das Verhältnis beider Schätzungen zueinander zu treffen. Ein Vergleich würde sich dann anbieten, wenn auch im ersten Experiment die Herstellung **beider** Wegzeiten erfolgt wäre.

Die Ergebnisse bestätigen die Hauptbefunde der Untersuchung von Sadalla und Magel (1980) in einer virtuellen Umgebung. Die Versuchspersonen hatten in der Originalstudie die Möglichkeit, den zu lernenden Weg visuell und durch ihre Eigenbewegung wahrzunehmen, in dem hier vorgestellten Experiment fehlte die Eigenbewegung. Der Weg wurde nur durch den optischen Fluß sukzessiv erfaßt, die Route entspricht damit einer Gradientensequenz (Herrmann et al., 1997). Die Übereinstimmung weist darauf hin, daß die Untersuchung von Einflußfaktoren auf die Distanzkognition unabhängig davon ist, ob die Distanzen nur visuell oder visuell

und propriozeptiv erfahren werden, d.h. die Route eine Gradienten- oder Blick- und Bewegungssequenz ist.

Daß die Leistung bei der Lösung bestimmter räumlicher Aufgaben nicht unabhängig von der Art der Wahrnehmung ist, wiesen May, Wartenberg und Péruch (1997) nach: Bei den von ihnen durchgeführten Homing-Experimenten spielt die visuelle gegenüber der propriozeptiven Kodierung eine untergeordnete Rolle, wobei dies im besonderen Maße für die Untersuchungen zum Richtungswissen gilt. So konnte gezeigt werden, daß die Leistung, eine bestimmte Richtung einzuschlagen, unter rein visuellen Bedingungen schlechter als unter rein propriozeptiven Bedingungen ist (vgl. May, Wartenberg & Péruch, 1997 und Seite 72).

Es stellt sich die Frage, ob sich der Einsatz virtueller Umgebungen - zumindest solange es sich um den Einsatz von „Desktop-VR“ handelt - nur für die Untersuchung bestimmter Fragestellungen eignet: Aufgrund der schlechten Orientierungsleistung unter rein visuellen Bedingungen muß die Verwendung virtueller Umgebungen bei der Untersuchung von Orientierungsleistungen eher vorsichtig betrachtet werden, während die in virtuellen Umgebungen durchgeführte Untersuchung der Bedeutung von Einflußfaktoren auf die Distanzkognition mit weniger Problemen behaftet zu sein scheint: Obwohl den Versuchspersonen in den beiden dargestellten Experimenten die Möglichkeit zur Eigenbewegung fehlte, konnte der Einfluß von Richtungsänderungen auf die Distanzkognition auch unter rein visuellen Bedingungen nachgewiesen werden.

Dies wird auch durch eine neuere Untersuchung von Richardson, Montello und Hegarty (im Druck) bestätigt: Sie konnten zeigen, daß unabhängig davon, wie die räumlichen Gegebenheiten gelernt wurden (Lernen in einer realen Umgebung vs. Lernen in einer Desktop virtuellen Umgebung), es keinen Unterschied in der Leistung gab, Routendistanzen zu schätzen.

In den beiden Experimenten wurden insgesamt drei verschiedene Distanzschätzmethoden angewendet. Bei den im ersten Experiment angewandten Methoden handelt es sich um die Methoden der Größenverhältnisschätzung und der Rekonstruktion in Form einer Zeichenaufgabe, die einen Abruf der Längenschätzung des Weges in einem zweidimensionalen Format bedingen. Ein Nachteil dieser Methoden ist es, daß die geschätzten Distanzen nur miteinander verglichen werden können, daß aber keine Aussage über eine Über- bzw. Unterschätzung im Bezug auf

die objektive Länge der gelernten Wege gemacht werden kann. Diese Möglichkeit bietet die im zweiten Experiment angewendete Herstellungsmethode, die das räumliche Wissen in dem Raum abfragt, indem es erworben wurde. Bislang wurde diese Methode wenig eingesetzt, da ihr Einsatz sich in einem Umgebungsraum aufgrund der langen Entfernungen als nicht ökonomisch erwies (vgl. Montello, 1991 und Seite 51).

Die Virtual-Reality-Technik bietet jedoch jetzt die Möglichkeit, Raumerfahrungen auch bei großen Distanzen direkt zu messen und Aussagen über die Beziehung zwischen der geschätzten und der objektiven Distanz bzw. Weglängen zu treffen. Dies steht im Gegensatz zu anderen Methoden, bei welchen die Schätzungen nur untereinander verglichen werden können (vgl. Montello, 1991). Durch die Nutzung der VR-Technik und den ökonomischen Einsatz der Herstellungsmethode wird damit die Aussagefähigkeit des Laborexperimentes erweitert.

Hierbei muß sicherlich der Vergleich von „großen“ Distanzen in virtuellen und realen Umgebungen kritisch diskutiert werden: Bei der Exploration einer realen Stadt bedingt das Zurücklegen einer langen Strecke einen höheren Energie- und Zeitaufwand, während hingegen die Exploration einer langen Strecke in einer virtuellen Umgebung kaum mehr Energie bedarf. Erst Untersuchungen, die das Verhalten in realen und virtuellen Umgebungen systematisch vergleichen, geben Aufschluß darüber, welche Implikationen die Verwendung der Begriffe z.B. „nah-entfernt“ in einer virtuellen Umgebung mit sich bringt.

2.4 Zusammenfassung

Der in realen Umgebungen gewonnene Befund, daß Richtungsänderungen die Distanzkognition beeinflussen, konnte auch in einer virtuellen Umgebung gewonnen werden: Von zwei objektiv gleich langen Wegen wird der Weg mit mehr Richtungsänderungen länger geschätzt als der Weg mit weniger Richtungsänderungen. Dieser Einfluß ist unabhängig von der für das Zurücklegen der Wege benötigten Zeit und Anstrengung.

Durch den Einsatz der VR-Technik bot sich die ökonomische Anwendung der Herstellungsmethode bei der Schätzung der Distanzen an. Aufgrund der Anwendung einer Herstellungsmethode, die sich gerade bei dem Einsatz virtueller Umgebungen

anbietet, konnte gezeigt werden, daß Wege mit mehr Richtungsänderungen eher überschätzt, Wege mit weniger Richtungsänderungen im Verhältnis zur objektiven Länge dieser Wege eher unterschätzt werden. Der Einsatz virtueller Umgebungen ist demnach nicht nur besonders ökonomisch, sondern hierdurch wird auch die ökologische Validität laborexperimenteller Untersuchungen erhöht; dies ist ein Grund, sie bei weiteren Untersuchungen zu Fragen der Distanzkognition einzusetzen.