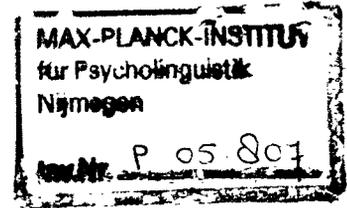


Space

Orientierung im Raum – Befunde zu Entscheidungspunkten

Gabriele Janzen^{1,2} und Michaela Hawlik³



- 1) *Max Planck Institut für Psycholinguistik, Postbus 310, 6500 AH Nijmegen, Die Niederlande*
- 2) *F.C. Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, P.O. Box 9101, 6500 HB Nijmegen, Die Niederlande*
- 3) *Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Psychologie, A-8010 Graz, Österreich*

Zusammenfassung

Durch bekannte und fremde Raumkonstellationen zu navigieren, ist ein entscheidender Teil unseres täglichen Lebens. Wir müssen neue Wege suchen und schon bekannte wiederfinden. Entscheidungspunkte als Orte, an denen ein falscher Weg gewählt werden kann, spielen demnach eine wichtige Rolle. Einfluss auf erfolgreiche Navigation haben die Repräsentation und die konfigurale Beschaffenheit von Entscheidungspunkten. Ein Überblick zu Befunden zur neuronalen Repräsentation von Entscheidungspunkten zeigt, daß navigationsrelevante Information im räumlichen Gedächtnis gespeichert und automatisch wieder aktiviert wird. Reaktionszeiten und Augenbewegungen zu schief- und rechtwinkligen Entscheidungspunkten zeigen zum einen besondere Wegfindeschwierigkeiten bei schiefwinkligen Kreuzungen und zum anderen, dass auch die Perspektive beim Betreten einer Kreuzung Einfluss auf die Wegfindeleistung hat.

Schlagworte: räumliches Gedächtnis, Navigation, Entscheidungspunkte

Abstract

Navigation through familiar and unfamiliar environments is an essential part of our everyday life. We have to find new paths and retrieve old ones. Decision points as places where a wrong path can be chosen play consequently a crucial role. The representation and the structure of decision points influence successful navigation. An overview of results on the neural representation of decision points shows that navigationally relevant information is stored in spatial memory and can automatically be activated. Response-time and eye-movement results to oblique and right angled decision points show on the one hand specific wayfinding difficulties at oblique intersections and on the other hand that also the perspective when entering an intersection affects successful wayfinding.

Key words: spatial memory, navigation, decision points

1. Einleitung

Täglich müssen wir uns in unserer räumlichen Umgebung zurechtfinden und dabei Wege von einem Ort zu anderen finden. Dies können bereits bekannte Wege sein, wie beispielsweise von der Arbeit nach Hause, oder unbekannte, wie zum Beispiel einen fremden Ort zu finden. Dabei müssen wir häufig Entscheidungen zwischen mehreren Wegalternativen treffen. Jeder hat schon einmal die Erfahrung gemacht, dass ein falscher Weg auch fatale Folgen haben kann. Im besten Fall ist man nur zu spät am Ziel oder hat lediglich Zeit vergeudet, im schlimmsten Fall aber findet man sich vielleicht in einer gefährlichen Situation im falschen Stadtteil wieder. Erfolgreich durch unsere Umgebung zu navigieren, ist ein wichtiger Teil unseres Lebens. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass es neben altmodischen Hilfsmitteln wie Sonne, Sterne, Kompass, Strassenkarte oder jemanden „Nach-dem-Weg-Fragen“ auch eine Fülle von modernen Geräten gibt, die uns bei der Orientierung unterstützen sollen. „Mobile Guides“ können als digitale Landkarten aufs Handy gesendet werden oder stehen als Fahrleitsysteme im Auto zur Verfügung. Dennoch kommt es trotz solcher Hilfssysteme auch immer wieder zu Fehlern bei der Wegentscheidung. Solche Fehler können durch die verwendeten Hilfsmittel bedingt sein, zum Beispiel kann die Karte falsch sein, da die Umgebung sich verändert hat. Sie können aber auch auf Seiten der navigierenden Person liegen, d.h. die Karte wurde falsch gelesen oder die Wegbeschreibung war so lang, dass das Ende schlicht vergessen wurde. Neben fehlerhaften Hilfsmitteln oder kognitiven Schwächen kann erfolgreiche Navigation aber auch von der Struktur unserer Umgebung beeinflusst werden. Die konfigurale Beschaffenheit von Entscheidungspunkten kann einen wesentlichen Einfluss auf den Erwerb räumlichen Wissens und die spätere Navigationsleistung ausüben. Im folgenden werden wir klären, was unter Entscheidungspunkten zu verstehen ist und beschreiben, wie Menschen über relevante

räumliche Information sprechen (s. Herrmann & Schweizer, 1998) sowie einen Überblick zur Repräsentation von Entscheidungspunkten geben (Janzen, in press; Janzen, 2000; Janzen & van Turenout, 2004). Im Anschluss werden wir detailliert auf unterschiedliche Konfigurationen von Entscheidungspunkten eingehen und Reaktionszeit- sowie Blickbewegungsbefunde zum Wiederfinden von Wegen mittels Karten darstellen (Hawlik, 2001).

2. Entscheidungspunkte – navigationsrelevante Orte

Unter Entscheidungspunkten verstehen wir Kreuzungen und Abzweigungen in räumlichen Anordnungen, kurz alle Orte, an denen eine Entscheidung über den weiteren Verlauf des Weges getroffen werden kann oder muss. Ein Entscheidungspunkt definiert sich daher unabhängig vom Verhalten einer Person. Eine Kreuzung zählt als Entscheidungspunkt, obwohl man geradeaus weitergeht, während es sich bei einer Rechts- oder Linkskurve ohne Möglichkeit einen neuen Weg zu wählen, nicht um einen Entscheidungspunkt handelt. Abbildung 1 zeigt unterschiedliche Konfigurationen von Entscheidungs- und Nicht-Entscheidungspunkten sowie Möglichkeiten sich an diesen Orten fortzubewegen.

(hier Abbildung 1 einfügen)

Entscheidungspunkte sind also in dem Sinne navigationsrelevante Orte, da man sich an ihnen für den richtigen Weg entscheiden oder aber sich verlaufen kann. Eine Untersuchung von Hardwick, Woolridge und Rinalducci (1983) zeigt, dass auch Testpersonen Entscheidungspunkten besondere Bedeutung beimessen, wenn sie dazu aufgefordert werden aus einer Reihe von Abbildungen einer unbekannt Route,

diejenigen herauszusuchen, die für die Wegfindung am hilfreichsten sind.

Entscheidungspunkte spielen aber auch für die Güte von Wegbeschreibungen und Wegauskünften eine wichtige Rolle.

3. Wegbeschreibungen und Wegauskünfte

Bei Wegbeschreibungen und Wegauskünften ist es besonders wichtig, Entscheidungspunkte als navigationsrelevante Orte zu thematisieren, wenn die Information einer Person helfen soll, sich eine Route vorzustellen oder ein ganz bestimmtes Ziel zu finden. Denis und Cocude (1992) haben versucht, relevante Faktoren für eine „gute“, d.h. hilfreiche Wegauskunft zu finden. Ihre Ergebnisse zeigen, dass zu detaillierte bzw. zu lange Wegauskünfte mit vielen Landmarken eher hinderlich sind, ein Ziel zu finden. Nicht das Nennen aller Gegenstände entlang einer Route ist entscheidend, sondern nur die Beschreibung einzelner für die Wegfindung wichtiger Objekte. Objekte an Entscheidungspunkten sind dabei solche Landmarken, die eine „gute“ Wegauskunft ausmachen. Blades und Medlicott (1992) fanden entsprechend, dass die Beschreibung einer Route einfacher ist, wenn Entscheidungspunkte mit Objekten gekennzeichnet sind, und dass solche Objekte auch häufiger als hilfreich genannt werden als andere (für einen Überblick s. Janzen, 2000). Damit das Nennen von Landmarken erfolgreich ist, reicht es aber nicht aus, einzelne Objekte bloß aufzuzählen, es muss auch genau angegeben werden, wo ein Objekt lokalisiert ist.

Für Wegbeschreibungen und Wegauskünfte werden zwei grundlegende Prozesse des Sprechens über Raum sowie des Sprechens allgemein benötigt: zum einen das Linearisieren und zum anderen das sprachliche Lokalisieren. Linearisieren, d.h. das geordnete sprachliche Nacheinander des zu Sagenden (Herrmann & Schweizer, 1998, S.

155) ist dabei eine Anforderung, die bei jeder sprachlichen Äußerung notwendig ist und auf die wir hier nur in Kürze eingehen, indem wir eine von mehreren Strategien hervorheben (s. für eine ausführliche Darstellung Katz, 2000; Herrmann & Grabowski, 1994; sowie Herrmann & Schweizer, 1998).

Bei Wegauskünften wird häufig die Linearisierungsstrategie des Generischen Wanderers verwendet (s. Herrmann & Schweizer, 1998; vgl. auch Carroll, 1993). Dabei wird das Wort „man“ verwendet, um die fragende Person zum Ziel zu führen, z.B. „zur Bundesagentur für Arbeit geht man von hier aus erstmal geradeaus bis zur nächsten Ampel, dann biegt man rechts in die ...“. Statt dem allgemeinen „man“ kann die Person auch direkt mit „du biegst dann rechts ein...“ oder „sie gehen dann ...“ angesprochen werden. Buhl (1996) spricht in diesem Fall vom Antizipierten Wanderer. Beide Wanderer-Varianten ermöglichen es der fragenden Person alle Angaben in einem egozentrischen Referenzrahmen zu speichern (für einen Überblick zu unterschiedlichen Referenzrahmen s. Levinson, 2003). Häufig wird die Person zuvor von der Auskunft gebenden Person sogar in die Richtung gedreht, dass die „rechts“ und „links“-Angaben mit der eigenen rechten und linken Seite des Fragenden übereinstimmen (vgl. auch Graf, 1994, zur mentalen Rotation und Selbstrotation). Vom egozentrischen, häufig auch als relativen oder betrachterzentrierten Referenzrahmen bezeichnet (s. Levinson, 2003; Marr, 1982), kann man einen allozentrischen (oft auch absoluter oder objektzentrierter Referenzrahmen genannt), sowie einen intrinsischen oder deiktischen Referenzrahmen unterscheiden. Eine Repräsentation in einem allozentrischen Referenzrahmen liegt dann vor, wenn man sich Orte und Richtungen durch Himmelsrichtungen, z.B. „das Rathaus liegt in nord-westlicher Richtung...“ merkt.

Ein intrinsischer oder deiktischer Referenzrahmen nutzt die „Gerichtetheit“ von Objekten. Die Gerichtetheit von Objekten führt damit zum zweiten grundlegenden Prozess, dem sprachlichen Lokalisieren (s. z.B. Grabowski, 1999). Die Probleme, die beim sprachlichen Lokalisieren auftreten können, lassen sich anhand von Abbildung 2 darstellen.

(hier Abbildung 2 einfügen)

Betrachtet man das Auto und den Ball aus der Sicht der dargestellten Person, ergeben sich mehrere Möglichkeiten, die Szenerie zu beschreiben. Zum einen lässt sich sagen „der Ball liegt links vom Auto“ oder aber „der Ball liegt vor dem Auto“ oder auch „der Ball liegt westlich vom Auto“ (zur ausführlichen Darstellung des sprachlichen Lokalisierens siehe Buhl 1996; Grabowski, 1999; Herrmann & Grabowski, 1994; Herrmann & Schweizer, 1998; Levinson, 2003). Am Beispiel lässt sich zum einen zeigen, dass es mehrere korrekte Möglichkeiten des Lokalisierens gibt, zum anderen aber auch, dass die Auslassung bestimmter Details, zum Beispiel von wem aus gesehen „links“, das Finden eines Objektes unmöglich machen kann (Buhl, 1996). Sprachlich richtig und vollständig zu Lokalisieren, ist demnach ein wichtiger Faktor einer „guten“, d.h. hilfreichen Wegauskunft.

4. Repräsentation von Entscheidungspunkten

Objekte an Entscheidungspunkten müssen nicht nur als hilfreich erkannt und bewertet werden, um einen Weg wiederzufinden, sondern sie müssen auch im Gedächtnis gespeichert werden. Nur so können sie später wiedererkannt werden und helfen, den

richtigen Weg zu wählen. Janzen (in press) konnte zeigen, dass Testpersonen schneller entscheiden können, ein Objekt entlang einer Route zuvor gesehen zu haben, wenn es an einem Entscheidungspunkt platziert war. Janzen und van Turennout (2004) demonstrierten mittels funktioneller Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT), wie das menschliche Gehirn für die Wegfindung wichtige räumliche Information verarbeitet.

In dem fMRT Experiment wurden die Testpersonen per Filmsequenz durch ein virtuelles Labyrinth geführt und hatten dabei die Aufgabe, sich verschiedene Objekte entlang einer Route zu merken. Die Objekte waren auf Tischen an der Wand platziert, zu gleichen Teilen einerseits an Entscheidungspunkten und andererseits an einfachen Rechts- oder Linksabbiegungen, ohne die Möglichkeit einen falschen Weg zu wählen. Bei einer anschließenden Wiedererkennungsaufgabe wurden die Gegenstände einzeln vor weißem Hintergrund, ohne Routeninformation, gezeigt. Die Testpersonen lagen dabei im Kernspintomographen und sollten per Tastendruck (Ja- und Nein-Tasten) entscheiden, ob sie den jeweiligen Gegenstand zuvor entlang der Route gesehen hatten oder nicht. Es zeigte sich eine verstärkte Aktivierung im parahippocampalen Gyrus - einer Gehirnregion im Temporallappen - für Gegenstände, die zuvor an relevanten Orten (Entscheidungspunkten) platziert waren, im Vergleich zu Gegenständen an einfachen Rechts- oder Linksabbiegungen, bei denen keine Möglichkeit bestand, einen neuen Weg zu wählen. Diese selektive neuronale Markierung von Gegenständen an navigationsrelevanten Orten konnte also auch ohne Darbietung räumlicher Information abgerufen werden.

Um die Beeinflussung der Ergebnisse durch besondere Aufmerksamkeit für Entscheidungspunkte während des Lernens auszuschließen, wurden die Probanden

bereits vor dem Experiment instruiert, sich alle Spielzeuge im Labyrinth besonders gut zu merken. Die Hälfte der Objekte waren Spielzeuge und sie waren wie auch die Objekte anderer Kategorien wiederum zu gleichen Teilen an Entscheidungs- und an Nicht-Entscheidungspunkten aufgestellt. Diese Manipulation führte dazu, dass Spielzeuge schneller wiedererkannt wurden als andere Gegenstände. Die neuronale Aktivierung im parahippocampalen Gyrus blieb jedoch durch diese selektive Aufmerksamkeit unbeeinflusst. Die Speicherung navigationsrelevanter Informationen scheint demnach unabhängig von Aufmerksamkeitsprozessen zu sein.

Die Frage stellt sich, ob denn nun eine erfolgreiche Erinnerung für die entsprechende verstärkte Hirnaktivität notwendig ist. Um dies beantworten zu können, wurden richtig wiedererkannte Objekte (korrekte Antworten) und vergessene Objekte (falsche Antworten) getrennt analysiert. Der parahippocampale Gyrus zeigt dieselbe verstärkte Aktivität für erinnerte wie für vergessene Objekte. Die Assoziation zwischen wegfindungsrelevantem Ort und Objekt scheint demnach unabhängig von bewussten Erinnerungsprozessen zu sein.

Objekte an Entscheidungspunkten als relevante räumliche Information werden also automatisch im Gedächtnis gespeichert und können auch ohne bewusste Wiedererkennungprozesse aktiviert werden. Dieser grundlegende neuronale Mechanismus kann dadurch eine erfolgreiche Navigation durch unsere räumliche Umgebung ermöglichen.

5. Konfigurale Beschaffenheiten von Entscheidungspunkten

Lernen, Bewerten und Speichern navigationsrelevanter Information sind aber nicht die alleinigen Faktoren, die eine erfolgreiche Navigation ausmachen. Denn ein weiterer Grund, warum es uns schwer fallen kann, uns in einer (fremden) Stadt bzw. Umgebung zurechtzufinden, ist die unterschiedliche konfigurale Beschaffenheit von Städten. Immer wieder hört man von begeisterten New-York Reisenden, wie leicht es ihnen gefallen sei, sich zu orientieren. Verlaufen hätten sie sich so gut wie nie und sie könnten sich jetzt sehr gut in der Stadt orientieren. Von Menschen, welche ihren Urlaub zum Beispiel in Berlin verbracht haben, hört man derartige Bemerkungen selten. Während das Straßensystem Manhattans fast ausschließlich von im rechten Winkel zueinander verlaufenden Streets und Avenues besteht, ist Berlins Straßensystem annähernd sternförmig aufgebaut, was dazu führt, dass die Straßen in unterschiedlichsten Winkeln abzweigen und es daher wesentlich schwieriger ist, sich zu orientieren (vgl. Lynch, 1960).

Lynch (1960) konnte zeigen, dass die Winkel, in denen Wege an einem Entscheidungspunkt aufeinander treffen, Einfluss darauf haben, wie eine Kreuzung wahrgenommen wird. Seine Probanden lebten zum Teil schon seit Jahren in der betreffenden Stadt und hatten trotzdem erhebliche Schwierigkeiten, Kreuzungen, deren Abzweigungen in schiefen Winkeln aufeinander treffen und Kreuzungen mit mehr als vier Abzweigungen, in eine Karte einzuzeichnen. Die Entscheidungspunkte waren besonders schwierig zu bewältigen, wenn die Kreuzungen sich in kleinen Winkeln verzweigten. Ähnliche Schwierigkeiten beim Zeichnen von schiefwinkligen Kreuzungskonfigurationen fanden u.a. auch Moar und Bower (1983), Tversky (1981)

und Gillner und Mallot (1998). Ihre Befunde belegten, dass die Probanden schiefe Winkel beim Zeichnen einer Karte zu rechten Winkeln verzerrten.

Thorndyke & Hayes-Roth (1982) nehmen an, dass in rechtwinkligen Umgebungen schneller und genauer Überblickswissen erworben werden kann als in schiefwinkligen räumlichen Anordnungen (zur Abgrenzung von Routen- und Überblickswissen s. auch Herrmann, Schweizer, Janzen & Katz, 1998). Sie untersuchten Unterschiede des räumlichen Wissens, je nachdem, ob dieses Wissen durch das Studium von Karten oder durch die Navigation im Gelände erworben worden war. Hierfür wählten sie zwei amerikanische Städte aus, welche sich extrem in ihrer Regelmäßigkeit (Manhattan: das Straßensbild weist fast ausschließlich rechtwinklige Straßenkreuzungen auf) und ihrer extremen Unregelmäßigkeit (Boston: das Straßensbild wird von schiefwinkligen Kreuzungskonfigurationen geprägt) unterschieden. An der Untersuchung nahmen Personen teil, welche jeweils unterschiedlich lang in den betreffenden Städten gelebt hatten. Die Versuchspersonen sollten einen Weg reproduzieren und eine Karte der gelernten Umgebung zeichnen. Aus den Zeichnungen ging hervor, daß selbst jene Personen, welche bereits mehrere Jahre in der jeweiligen Umgebung verbracht hatten, Schwierigkeiten hatten, eine Karte von ihrer unmittelbaren Umgebung zu zeichnen, wenn diese viele unregelmäßige Kreuzungen aufwies (zu Besonderheiten rechtwinklig angeordneter Städte s. auch Grabowski, 1999).

Sadalla & Montello (1989) führten ein Experiment durch, mit dem sie untersuchen wollten, ob Menschen rechtwinklige Kreuzungen gegenüber schiefwinkligen bevorzugen. Die Probanden mußten hierfür nacheinander einzelne Wege durchgehen, von denen jeder eine andere Winkelkrümmung aufwies. Nach jedem Weg sollten sie

den Winkel einschätzen, den sie soeben durchgegangen sind und die Richtung zum Startpunkt angeben. Die Ergebnisse bestätigten die Annahme, dass Menschen sich leichter auf Wegen mit rechten Winkeln zurechtfinden. Falsche Einschätzungen waren bei Winkeln, welche zwischen den beiden orthogonalen Achsen lagen, besonders hoch und nahmen ab, wenn der Winkel annähernd 90° oder 180° betrug.

Sadalla & Montello (1989) argumentierten anhand von vier Thesen, warum Menschen ein rechtwinkliges System bevorzugen:

- Die Struktur des menschlichen Körpers weist ein eindeutiges Hinten und Vorne auf (Franklin, Tversky & Coon, 1992).
- Das Gravitationsfeld der Erde mit einer vertikalen und einer horizontalen Dimension hat einen Einfluß auf die Orientierung.
- Es ist leichter, rechtwinklige Richtungsänderungen verbal zu beschreiben als schiefwinklige.
- Die „Carpentered world“ Hypothese (Allport & Pettigrew, 1957; Segall, Campell & Herskovits, 1966) deutet darauf hin, dass Menschen, die in einer rechtwinkligen Welt leben, Schemata für rechte Winkel entwickeln.

Aus den dargestellten Studien wird deutlich, dass rechtwinklige Kreuzungen, bzw. rechtwinklige Umgebungen besser zu „erlernen“ sind und leichter wiedergegeben werden können als schiefwinklige.

Herrmann & Janzen (2000; siehe auch: Janzen, Schade, Katz & Herrmann, 2001) untersuchten das Umwegverhalten bei der Navigation durch ein virtuelles Labyrinth.

Die Ergebnisse zeigten, dass Probanden, die den Weg in der Feldperspektive kennen lernten, d.h. aus der Perspektive einer durch die Anordnung gehenden Person, eine rechtwinklige Strategie bevorzugten, um ein Hindernis zu umwandern. Probanden, die den Weg aus der Beobachterperspektive kennen lernten, d.h. aus einer Perspektive von oben auf die Anordnung, wählten am häufigsten eine Strategie der minimalen Umgehung des Hindernisses, auch wenn dabei schiefe Winkel gegangen werden mussten. Außerdem werden die Größen schiefer Winkel aus der Beobachterperspektive exakter geschätzt, und dadurch wird auch leichter erkannt, dass der schiefe Winkel direkt auf die ursprüngliche Route zurückführt. In der Feldperspektive ist es hingegen sehr schwierig, schiefe Winkel zu schätzen, wodurch es riskant erscheint, von einer rechtwinkligen „City-Block“ Strategie abzuweichen (zur Repräsentation von Blickpunktsequenzen bei räumlichen Anordnungen s. auch Schweizer, 1997).

5.1 Pfeil- Gabel-Konstellationen

Janzen, Herrmann, Katz & Schweizer (2000, s. auch Katz, Janzen, Schweizer & Herrmann, 1999) untersuchten den Einfluss schiefwinkliger Kreuzungskonfigurationen auf die Navigationsleistung. Die Autoren überprüften in drei Experimenten, inwiefern das Wiederfinden einer zuvor gelernten Route von der Konfiguration der Kreuzungen und dem Blickpunkt, den man beim Betreten der Kreuzung einnimmt, beeinflusst wird (s. auch Herrmann, 1996 sowie Schweizer & Janzen, 1996 zu Blickpunkten und Blickpunktsequenzen). Zu diesem Zweck wurden spezielle Kreuzungen konstruiert, sogenannte Pfeil-Gabel-Konstellationen, welche je nach Richtung, von der aus sie betreten werden, als Pfeil oder als Gabel wahrgenommen werden. Es handelt sich um Kreuzungskonfigurationen, bei denen die einzelnen Wege Winkel von 45° bzw. 135° umschließen (siehe Abb. 3).

(hier Abbildung 3 einfügen)

Janzen et al. (2000) nahmen an, dass es schwieriger sein sollte eine Wegentscheidung zu treffen, wenn die Kreuzung als Gabel gesehen wird. Für diese Annahme zogen die Autoren zwei Hypothesen heran:

- **Die Hypothese der sichtbaren Alternativen:** Es ist um so schwieriger den richtigen Weg zu finden, je mehr Wegalternativen sichtbar sind. An als Gabel wahrgenommenen Kreuzungen sind mehr mögliche Wegalternativen gut einsichtig, im Vergleich zu als Pfeil wahrgenommenen Kreuzungen. Dort bietet sich nur eine gut einsichtige Option. Entscheidungszeiten und Fehleranzahlen steigen, je mehr sichtbare Wegalternativen eine Kreuzung bietet.
- **Die Hypothese der Rotationswinkel:** Entscheidungszeiten und Fehler sind um so geringer, je größer die Summe der Rotationswinkel ist. Nach der Rotationswinkelhypothese ist die Bewältigung von Gabelkreuzungen deshalb schwieriger, da zwischen sehr ähnlichen Bewegungsabläufen unterschieden werden muss. Im Beispiel von Weg x aus Abbildung 3 wird die Kreuzung als Gabel wahrgenommen (der Zugang erfolgt über Weg A). Es stehen folgende Wegalternativen zur Auswahl $B = 0^\circ$; $C = 45^\circ$; $D = 45^\circ$. Die resultierende Winkelsumme ist 90° . Im Fall von Weg x' wird die Kreuzung als Pfeil wahrgenommen (der Zugang erfolgt über Weg C). Die Wegalternativen sind $A = 45^\circ$; $B = 135^\circ$ und $D = 90^\circ$. Die Winkelsumme beträgt 270° .

Diese Annahmen wurden in drei Experimenten, bei denen die Probanden durch ein virtuelles Labyrinth navigierten, überprüft. Die Experimente unterschieden sich hinsichtlich der Perspektive (Beobachter- und Feldperspektive), von der aus die Anordnung gelernt und überprüft wurde. Beim ersten Experiment lernten die Probanden den Weg in der Feldperspektive und navigierten auch in dieser Perspektive. Beim zweiten Experiment sahen die Probanden zusätzlich zu der Darbietung in der Feldperspektive eine Überblickskarte über die gesamte Anordnung. In einem dritten Experiment erlernten die Probanden den Weg in der Beobachterperspektive (sie sahen allerdings nie die gesamte Anordnung) und navigierten auch aus dieser Perspektive.

Die Pfeil-Gabel-Annahme (als Gabel wahrgenommene Kreuzungen sind schwieriger zu bewältigen als die als Pfeil wahrgenommenen) bestätigte sich in allen Experimenten. An Kreuzungen, welche als Pfeil wahrgenommen wurden, konnten die Probanden sich schneller für einen Weg entscheiden und machten auch weniger Fehler. Die Pfeil-Gabel-Annahme bestätigte sich sowohl auf dem Hin- als auch auf dem Rückweg. Eine Analyse der Entscheidungsfehler zeigt, dass die Probanden, welche in der Beobachterperspektive durch die Anordnung navigierten, an Pfeilkreuzungen signifikant weniger Fehler begingen als Probanden, welche in der Feldperspektive navigierten.

Da die Pfeil-Gabel-Annahme auch unter der Beobachterperspektive auftritt, bei der immer alle Wege gut einsichtig sind, musste die Hypothese der sichtbaren Alternativen jedoch verworfen werden. Insgesamt konnten große Zeit- und Fehlerunterschiede zwischen dem Hin- und dem Rückweg festgestellt werden. Die Probanden benötigten für den Rückweg länger und begingen auch mehr Fehler.

Diese Untersuchung von Janzen et al. (2000) diente als Grundlage für ein weiteres Experiment zu unterschiedlichen Kreuzungskonfigurationen, welches hier im Detail dargestellt wird. Es ging um die Frage, ob sich ein derartiger Pfeil-Gabel-Effekt auch dann zeigt, wenn Routenwissen lediglich anhand einer schematischen Karte erworben wird. Mithilfe von Blickbewegungsregistrierung wurde untersucht, welche Wegalternativen bei einer Wegentscheidung überhaupt in Betracht gezogen werden. Möglicherweise werden einige Wege nur sehr selten bis gar nicht fixiert und scheiden damit als Wegalternativen von vornherein aus.

6 Blickbewegungsmessung bei schematischen Karten

Das Experiment bestand aus einer Lernphase, in der 68 Probanden eine schematische Karte mit einem eingezeichneten Weg vom Start zum Ziel mittels Bildschirmrepräsentation dargeboten bekamen (s. Abb. 4). Vierunddreissig Probanden (Versuchsgruppe 1) lernten den Weg wie in Abbildung 4 gezeigt. Für die anderen 34 Probanden (Versuchsgruppe 2) wurden Start und Ziel vertauscht. Der zu lernende Weg setzte sich aus rechtwinkligen und schiefwinkligen Pfeil-Gabelkreuzungen mit drei bis fünf Wegen zusammen.

(hier Abbildung 4 einfügen)

In einer anschließenden Testphase, bei der die Blickbewegungen registriert wurden, sollten die Probanden an einzelnen schematischen Kreuzungen (s. auch Abbildung 6) den zuvor gelernten Weg wiederfinden. Die einzelnen Kreuzungen wurden in der jeweiligen Reihenfolge vom Start zum Ziel dargeboten und der Pfad, der auf dem zuvor

gelernten Weg in die Kreuzung „hineinführt“ war mit einem Punkt gekennzeichnet. Die Probanden sollten diesen Punkt, der zugleich auch als Kalibrierungspunkt für den verwendeten Eyetracker „Eyelink“ (Senso Motoric Instruments) dient, fixieren und eine Taste drücken. Dann sollten sie so schnell wie möglich den richtigen Weg finden und ebenfalls eine Taste drücken. Um zu erheben, welcher Weg gewählt wurde, wurde im Anschluss die Kreuzung noch einmal gezeigt und die Probanden sollten den zuvor gewählten Weg angeben.

6.2 Ergebnisse und Diskussion

Zuerst wurden die Fehlerhäufigkeiten getrennt für Gabel, für Pfeil und für rechtwinklige Kreuzungen ausgewertet. Da es keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Versuchsgruppen gab, werden im folgenden alle Ergebnisse für beide Gruppen zusammen dargestellt. Alle drei Kreuzungstypen zeigten einen signifikanten Unterschied ($\chi^2(2, N= 18976) = 118,94; p<0,001$) bezüglich der Fehlerhäufigkeiten (s. Abb. 5).

(hier Abbildung 5 einfügen)

Sowohl die Fehlerhäufigkeiten als auch die Reaktionszeiten bestätigen einen deutlichen Pfeil-Gabel-Effekt. An Gabelkreuzungen benötigten die Probanden signifikant länger als an Pfeilkreuzungen und machten auch deutlich mehr Fehler.

Um zu untersuchen, welche Wege von Pfeil- und Gabelkreuzungen wie oft fixiert wurden, wurden die Kreuzungen in unterschiedliche Bereiche eingeteilt: den mit Punkt gekennzeichneten Ausgangsweg, einen Mittelbereich, den richtigen Weg, den falschen

Weg und den Außenbereich um die Kreuzung. Abbildung 6 zeigt die absoluten Häufigkeiten der Fixationen für die einzelnen Bereiche an dreiwegigen Pfeil- und Gabelkreuzungen. Die in Klammern angegebenen Zahlen zeigen an, wie viele Fixationen eine Versuchsperson durchschnittlich innerhalb eines Kreuzungsbereichs vornahm.

(hier Abbildung 6 einfügen)

Gabelkreuzungen wurden insgesamt häufiger fixiert als Pfeilkreuzungen ($\chi^2(1, N = 2889) = 13,171; p < 0,001$). An Gabelkreuzungen zeigte sich die Tendenz, mehr Fixationen innerhalb der falschen Wegalternative zu tätigen ($\chi^2(1, N = 447) = 3,403; p = 0,065$). An Pfeilkreuzungen fielen signifikant mehr Fixationen in den richtigen Weg ($\chi^2(1, N = 353) = 19,516; p < 0,001$) als in den falschen. Die Anzahl der Fixationen innerhalb des Mittelbereichs und des Ausgangswegs unterschieden sich nicht signifikant voneinander. An als Gabel wahrgenommenen Kreuzungskonfigurationen trafen signifikant mehr Fixationen in die Kreuzungsumgebung als an Pfeilkreuzungen ($\chi^2(1, N = 469) = 31,217; p < 0,001$). Diese Ergebnisse lassen sich auch an vier- und fünfwegigen Kreuzungen bestätigen.

Zusammenfassend kann beobachtet werden, dass sich ein wesentlicher Effekt an allen als Gabel wahrgenommenen Kreuzungen einstellt, nämlich der intensive Vergleich zwischen zwei Wegen. An als Pfeil wahrgenommenen Kreuzungen zeigt sich, egal wie viele Wege die jeweilige Kreuzung hat, kein derartiger Effekt eines intensiven Wegvergleichs.

Fehlerhäufigkeiten und Reaktionszeiten zeigen, dass der Pfeil-Gabel-Effekt nicht nur beim aktiven Navigieren durch die Umgebung auftritt, sondern sich auch anhand von schematischen Karten evozieren läßt. Die Fixationshäufigkeiten in den unterschiedlichen Bereichen von Pfeil- und Gabelkreuzungen geben dabei Aufschluss, womit die Zeit bis zur Entscheidung bei Gabelkreuzungen verbracht wird. Das häufigere Fixieren des falschen Weges bei Gabelkreuzungen kann dadurch auch die Ursache für die vermehrten falschen Wegentscheidungen und längeren Reaktionszeiten bei Gabelkreuzungen sein.

Wie kommt ein derartiger Pfeil-Gabel-Effekt bei schematischen Karten zustande?
Warum fällt es leichter, den richtigen Weg zu finden, wenn der richtige Weg von der Pfeil-Seite in die Kreuzung führt? Die Hypothese der sichtbaren Alternativen und die Hypothese der Rotationswinkel (vgl. Abschnitt 5.1, s. auch Katz et al., 1999 sowie Janzen et al., 2000) können an schematischen Kreuzungen nicht ohne Zusatzannahmen für den Pfeil-Gabel-Effekt verantwortlich sein. Möglich wäre aber, daß eine mentale Rotation vollzogen wird und somit die Hypothese der Rotationswinkel als Erklärung für den Effekt in Frage kommt. Eine weitere Erklärung für den Pfeil-Gabel-Effekt stammt aus dem Bereich der Gruppenpsychologie. Zur Bildung einer Gruppe kommt es dann, wenn sich einzelne Elemente ähnlich sind bzw. in strukturellen Merkmalen gleichen und wenn zwischen ihnen Nähe herrscht (Dorsch, 1987). Bei einer Gruppenbildung in zwei Gruppen nach dem Gesetz der Nähe bei einer Pfeil-Gabel-Konfiguration ist der richtige Weg bei einer Gabelkreuzung aus einer Gruppe mit zwei oder mehr Wegalternativen zu wählen, während bei einer Pfeilkreuzung der richtige Weg auch alleine die Gruppe bildet. Es könnte somit schwerer sein, innerhalb einer Gruppe

zwischen Einzelementen zu differenzieren als wenn eine Gruppe nur ein einziges Element enthält. Eine derartige Gruppenbildung kann auch den Pfeil-Gabel-Effekt beim aktiven Navigieren erklären. Weiterführende Untersuchungen, in denen Probanden Kreuzungen unter Anwendung verschiedener zuvor gelernter Strategien bearbeiten, können Aufschluss über mögliche Gruppenbildungen geben.

6. Fazit

Beim Navigieren durch unsere räumliche Umgebung spielen Entscheidungspunkte als Orte, an denen man einen falschen Weg wählen kann, eine besondere Rolle. Die dargestellten Befunde machen deutlich, dass das menschliche Gehirn darauf ausgerichtet ist, Objekte an navigationsrelevanten Orten selektiv zu speichern und diese Information auch automatisch abzurufen. Entscheidungspunkte werden aber auch bei Wegbeschreibungen und Wegauskünften bevorzugt genannt und auch als besonders hilfreich eingestuft. Solche höheren kognitiven Prozesse und strategischen Überlegungen, welche Objekte thematisiert und als hilfreich bewertet werden, können auf der Basis eines automatischen neuronalen Mechanismus besonderes zielgerichtet und effektiv funktionieren. Erfolgreiche Navigation hängt aber nicht nur allein von einem spezialisierten kognitiven System und dessen Wegfindemechanismus ab, auch die Konfiguration von Entscheidungspunkten und der Blickpunkt, den man beim Betreten einer Kreuzung einnimmt, sind weitere wichtige Faktoren für eine erfolgreiche Wegfindung.

Literaturverzeichnis

- Allport, G., & Pettigrew, T. (1957). Cultural influence on the perception of movement: The trapezoidal illusion among the Zulus. Journal of Abnormal and Social Psychology, 55, 104-113.
- Blades, M. & Medlicott, L. (1992). Developmental differences in the ability to give route directions from a map. Journal of Environmental Psychology, 12, 175-185.
- Buhl, H. M. (1996). Wissenserwerb und Raumreferenz. Ein sprachpsychologischer Zugang zur mentalen Repräsentation. Tübingen: Niemeyer.
- Carroll, M. (1993). Deictic and intrinsic orientation in spatial description. In J. Altarriba (Ed.). Cognition and culture. A cross-cultural approach to cognitive psychology, (pp. 137-161). Amsterdam: Elsevier.
- Denis, M. & Cocude, M. (1992). Structural properties of visual images constructed from poorly or well structured verbal descriptions. Memory & Cognition, 20, 497-506.
- Dorsch, F. (Hrsg.) (1987). Psychologisches Wörterbuch. Bern: Huber.
- Franklin, N., Tversky, B., & Coon, V. (1992). Switching points of views in spatial mental models. Memory & Cognition, 20, 507-518.
- Gillner, S. & Mallot, H. A. (1998). Navigation and acquisition of spatial knowledge in a virtual maze. Journal of Cognitive Neuroscience, 10, 445-463.
- Grabowski, J. (1999). Raumrelationen: Kognitive Auffassungen und sprachlicher Ausdruck. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Graf, R. (1994). Selbstrotation und Raumreferenz. Zur Psychologie partnerbezogenen Lokalisierens. Frankfurt/a.M.: Lang.
- Hartwick, D. A. , Woolridge, S. C. & Rinalducci, E. J. (1983). Selection of landmarks as a correlate of cognitive map organization. Psychological Reports, 53, 807-813.
- Hawlik, M. (2001). Reaktionszeit- und Blickbewegungsmessung an verschiedenartigen Kreuzungskonfigurationen schematischer Karten. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Karl-Franzens-Universität Graz.
- Herrmann, Th. (1996). Blickpunkte und Blickpunktsequenzen. Sprache & Kognition, 15, 159-177.
- Herrmann, Th. & Janzen, G. (2000). Umwege bei der Navigation im Labyrinth. Sprache und Kognition, 2, 57-70.

- Herrmann, Th. & Grabowski, J. (1994). Sprechen - Psychologie der Sprachproduktion. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Herrmann, Th. & Schweizer, K. (1998). Sprechen über Raum. Sprachliches Lokalisieren und seine kognitiven Grundlagen. Bern: Huber.
- Herrmann, Th., Schweizer, K., Janzen, G. & Katz, S. (1998). Routen- und Überblickswissen- konzeptuelle Überlegungen. Kognitionswissenschaft, 7, 145-159.
- Janzen, G. (in press). Memory for object location and route direction in virtual large-scale space. Quarterly Journal of Experimental Psychology (A).
- Janzen, G. (2000). Organisation räumlichen Wissens: Untersuchung zur Orts- und Richtungsrepräsentation. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Janzen, G., Herrmann, Th., Katz, S. & Schweizer, K. (2000). Oblique Angled Intersections and Barriers: Navigating through a Virtual Maze. In C. Freksa, W. Brauer, C. Habel, & K. F. Wender (Eds.), Spatial Cognition II – integrating abstract theories, empirical studies, formal methods, and practical applications. (pp. 295-316). Berlin: Springer.
- Janzen, G., Schade, M., Katz, S., & Herrmann, Th. (2001). Strategies for detour finding in a virtual maze: The role of the visual perspective. Journal of Environmental Psychology, 21, 149-163.
- Janzen, G. & van Turenout, M (2004). Selective neural representation of objects relevant for navigation. Nature Neuroscience, 7, 673-677.
- Katz, S. (2000). Raumbeschreibung und Raumstruktur. Der Einfluß der Erwerbsreihenfolge auf die sprachliche Linearisierung. Hamburg: Kovac.
- Katz, S., Janzen, G., Schweizer, K., & Herrmann, Th. (1999). Hin- und Zurückfinden beim Routenlernen: Der Einfluß schiefwinkliger Kreuzungskonfigurationen auf die Navigationsleistung. (Arbeiten des Mannheimer Teilprojekts im DFG-Schwerpunktprogramm "Raumkognition" Bericht Nr. 5). Mannheim: Universität Mannheim, Lehrstuhl Psychologie III.
- Levinson, S. C. (2003). Space in language and cognition. Cambridge: University Press.
- Lynch, K. (1960). The image of the city. Cambridge: The Technology Press & Harvard University Press.
- Marr, D. (1982). Vision. San Francisco: Freeman.

- Moar, I. & Bower, G. H. (1983). Inconsistency in spatial knowledge. Memory & Cognition, 11, 107-113.
- Sadalla, E. K., & Montello, D. R. (1989). Remembering changes in direction. Environment and Behavior, 21, 346-363.
- Schweizer, K. & Janzen, G. (1996). Zum Einfluß der Erwerbssituation auf die Raumkognition: Mentale Repräsentation der Blickpunktsequenz bei räumlichen Anordnungen. Sprache & Kognition, 15, 217-233.
- Schweizer, K. (1997). Räumliche oder zeitliche Wissensorganisation? Zur mentalen Repräsentation der Blickpunktsequenz bei räumlichen Anordnungen. Lengerich; Papst Science Publishers.
- Segall, M. H., Campell, D. T. & Herskovits, M. J. (1966). The influence of culture on visual perception. – Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Thorndyke, P. W. & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge aquired from maps and navigation. Cognitive Psychology, 14, 560-589.
- Tversky, B. (1981). Distortions in memory for maps. Cognitive Psychology, 13, 407-433.

Titel der Abbildungen

Abbildung 1: Verschiedene Konfigurationen von Entscheidungs- und Nicht-Entscheidungspunkten und Fortbewegungsmöglichkeiten

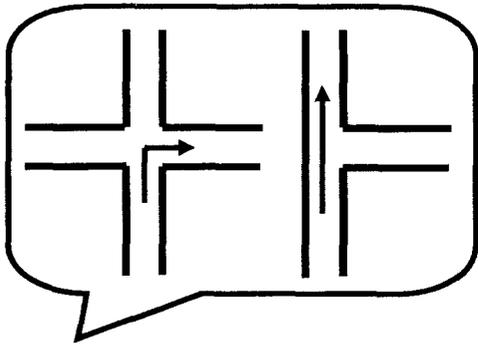
Abbildung 2: Sprachliches Lokalisieren

Abbildung 3: Beispiel für eine Pfeil-Gabel-Kreuzung, bei der die Kreuzung betreten von Weg C als Pfeil wahrgenommen wird oder betreten von Weg A als Gabel.

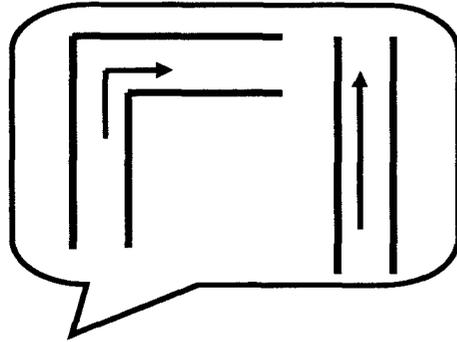
Abbildung 4: In der Lernphase dargebotene schematische Karte mit eingezeichnetem Weg.

Abbildung 5: Durchschnittliche Fehlerhäufigkeit in Prozentwerten an als Gabel und als Pfeil wahrgenommenen Kreuzungskonfigurationen, sowie an rechtwinkligen Kreuzungen

Abbildung 6: Absolute und durchschnittliche Fixationshäufigkeiten (in Klammern) innerhalb der einzelnen Kreuzungsbereiche bei Gabel- und Pfeilkreuzung.



Entscheidungspunkte



Nicht-Entscheidungspunkte



