Kompass im Kopf

Auch wenn wir uns schon mal im Großstadtdickicht verlaufen – meist geben wir recht gute Pfadfinder ab. Vielleicht ist das Orientierungsvermögen sogar die Grundlage allen Denkens.

Von Hanspeter A. Mallot

Nach 200 Metern rechts abbiegen«, rät die Stimme des Bordcomputers freundlich. Entspannt lehnen wir uns im Autositz zurück, folgen der Empfehlung und erreichen unser Ziel sicher und ohne Umwege. Nützlich, so ein Global Positioning System (GPS), das die Position des Fahrzeugs per Satellit fast auf den Meter genau bestimmen kann.

Doch auch die ausgefeilteste Navigationstechnik macht schlapp, wenn das Gerät mal keinen Satellitenempfang hat oder wenn die elektronische Karte veraltet ist. Dann kommt wieder dem Menschen die schwierige Aufgabe zu, sich im Raum zu orientieren. Doch unser biologischer Routenplaner hat einen entscheidenden Vorteil: Er kann mit verschiedenen Strategien dienen.

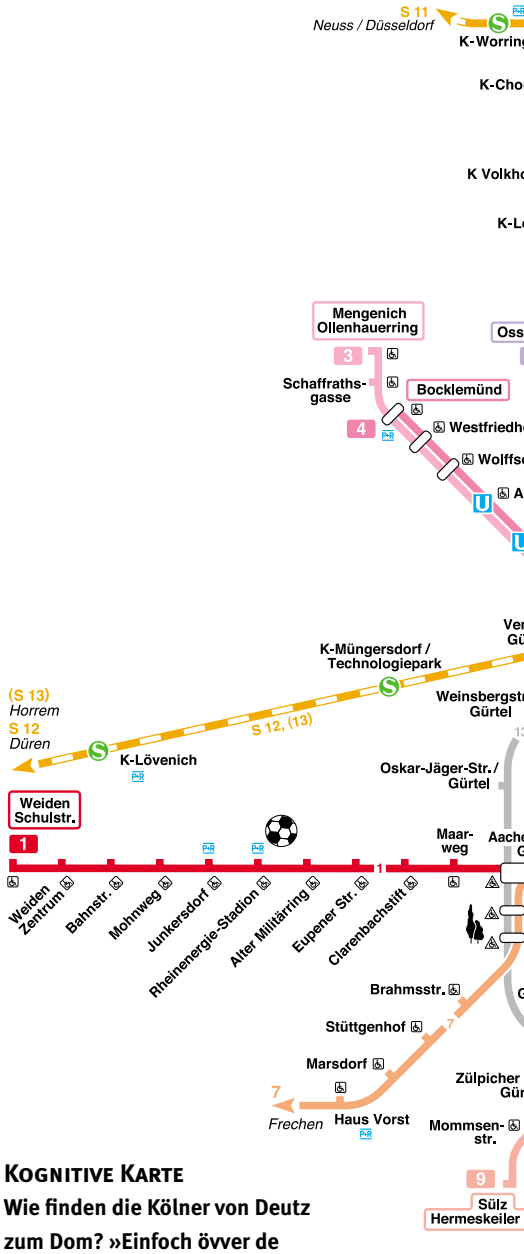
Wir können uns durchfragen oder uns auch mit unsicherem Wissen behelfen: »Der Weg hier kommt mir irgendwie bekannt vor – versuche ich es doch einmal damit.« Denn anders als das GPS speichern wir keine abstrakten Ortsmerkmale – wie Längen- und Breitengrad –, sondern wissen immer, was an einem bestimmten Ort vorhanden ist: »Das große rote Haus« oder »Der Platz mit der Linde, von dem aus man die Berge sieht«. Aus diesem Wissen können wir Schlüsse ziehen. »Wenn ich die Berge immer links lasse, dann müsste ich eigentlich zum Fluss hinunterkommen.« Unser Orientierungsapparat ist dabei nicht nur flexibel, sondern auch lernfähig. Wer den Weg von A nach B kennt und von A nach C – der kann sich vielleicht auch von B nach C durchschlagen.

Aber wie funktioniert dieser komplexe kognitive Apparat? Das fragen sich Neurobiologen, Psychologen – und Robotiker, die ihren Maschinenwesen menschenähnliches Know-how einhauchen wollen. Hierzu untersuchen Wissenschaftler die drei wesentlichen Strategien, mit denen sich der Mensch im Raum orientieren kann: Zielführung, Wegintegration und Routenverfolgung.

Stellen Sie sich einmal vor, Sie steigen in einer Ihnen bislang unbekannten Stadt aus dem Zug, sagen wir, in Köln. Sie haben ein paar Stunden Aufenthalt und möchten sich ein wenig umsehen. Also folgen Sie zunächst dem Wegweiser »Innenstadt«, gehen am Dom vorbei, schauen sich in der Fußgängerzone ein paar Geschäfte an und schlendern dann – ohne auf den Weg zu achten – noch ein wenig durch die Altstadt. Schließlich wird es Zeit, zum Bahnhof zurückzukehren. Nur wie?

»Immer schön bergab gehen!«

Vermutlich würden Sie jetzt einige Passanten nach dem Weg fragen. Die Auskünfte können ganz unterschiedlicher Art sein – entsprechend den verschiedenen Möglichkeiten, wie Menschen sich Wege merken. Manch einer orientiert sich an besonders markanten Punkten und sagt Ihnen: »Da vorne sehen Sie den Dom, und gleich dahinter liegt der Bahnhof.« »Zielführung« nennen Neurobiologen es, wenn ein weithin sichtbarer Orientierungspunkt als Landmarke für das Ziel dient. Es gibt aber auch Anhaltspunkte ganz anderen Typs. In Edinburgh erhalten Touristen auf der Suche nach dem Bahnhof oft den einfachen Tipp: »Immer schön bergab gehen!« –



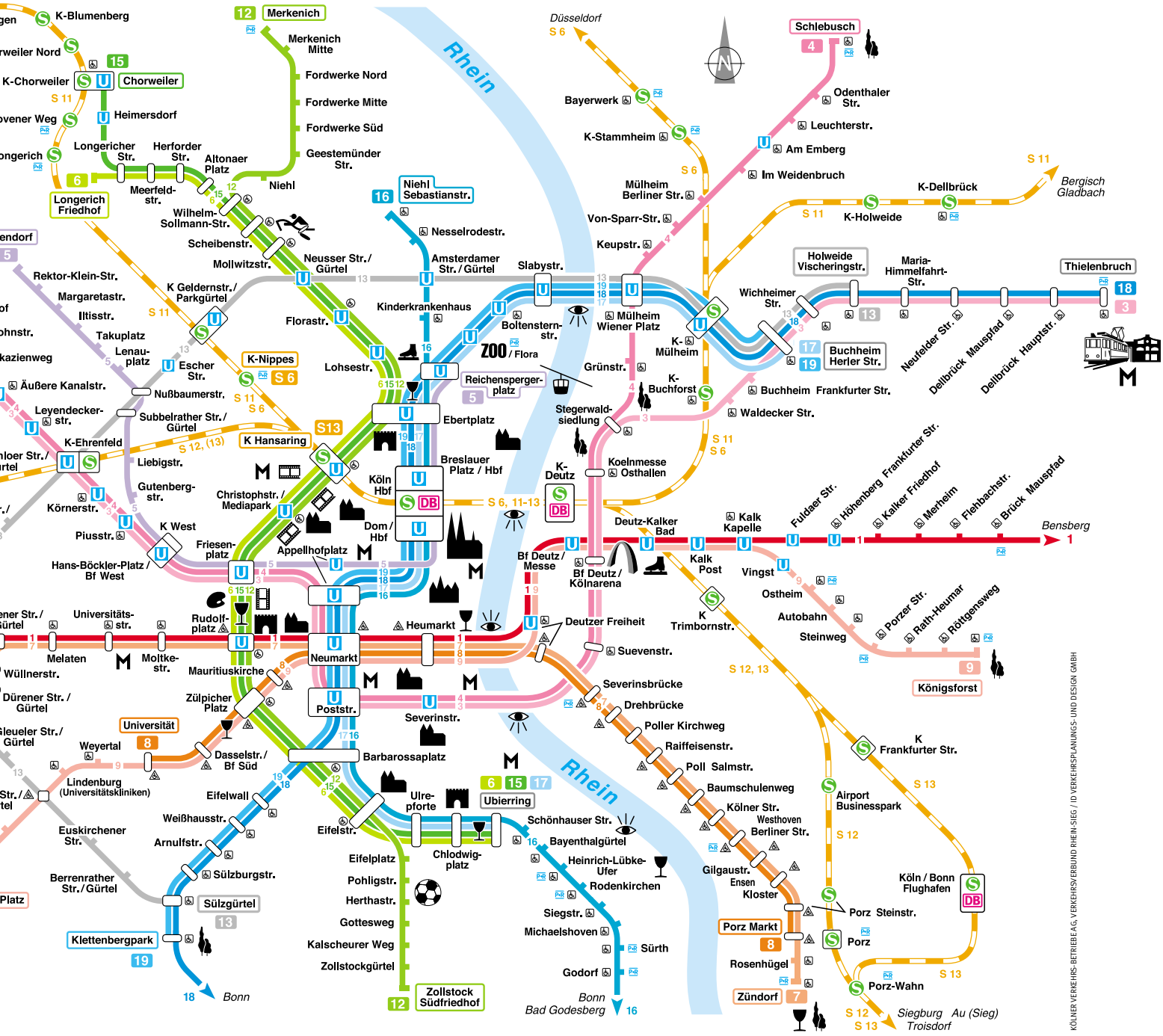
Kognitive Karte
Wie finden die Kölner von Deutz zum Dom? »Einfoch övver de Brück'«, sagen sie selbst. Mittels einer Art mentalem U-Bahn-Plan, meinen Forscher der Universität Tübingen.

denn Waverley Station liegt im Tal, am Grunde eines trockengelegten Sees.

Derartige Anhaltspunkte blitzschnell zu identifizieren ist eine Kunst, die Roboter noch lange nicht beherrschen. Es ist kompliziert, einer Maschine beizubringen, was eine dauerhafte Marke – etwa einen Baum – von einer veränderlichen wie einem Auto unterscheidet. Zumal ein Baum je nach Jahreszeit und Tageslicht unterschiedlich aussieht. Auch Kinder müssen dies mühsam lernen. Sie verlaufen sich häufig deshalb, weil sie zum Beispiel eine kauernde Katze als Landmarke verwenden.

Eine andere Auskunft für einen Köln-Besucher könnte lauten: »Der Bahnhof liegt da hinter diesen Häusern.« Damit gibt man eine Generalrichtung an. Der Ortsunkundige muss nun versuchen, diese im Zickzackkurs durch das Häusermeer der Altstadt ungefähr einzuhalten. Verläuft eine Straße bogenförmig, muss er die Abweichung von der Generalrichtung bei der nächsten Kreuzung möglichst wieder ausgleichen. Dabei addiert sein Gehirn die einzelnen Teilstrecken zu einer Gesamtstrecke auf. Seefahrer navigieren seit Jahrhunderten auf diese Weise, indem sie laufend Kurs und Geschwindigkeit messen und daraus die Schiffsposition bestimmen. Forscher nennen diese Orientierungsweise »Wegintegration«.

Die Wegintegration wird im Tierreich häufig zur Orientierung genutzt und ist ▷



KÖLNER VERKEHRS-BETRIEBE AG, VERKEHRSVERBUND RHEIN-SIEG / ID VERKEHRSPLANUNGS- UND DESIGN GMBH

am besten untersucht. Wie viele Insekten, Spinnen, Krebse oder Nagetiere verwendet etwa auch die Wüstenameise der Gattung *Cataglyphis* diese Methode zumeist erfolgreich an. Sie findet ihr Nest, von dem sie sich bei der Futtersuche manchmal 200 Meter entfernt, spielend wieder, indem sie sich die Generalrichtung merkt. Beim Rückweg wandert sie diesen inneren »Heimvektor« genau ab. Selbst dann, wenn man sie aufhebt und an ganz anderer Stelle wieder auf dem Boden absetzt. Stur läuft das Tierchen in der einmal eingeschlagenen Richtung weiter, bis die zurückgelegte Distanz dem ursprünglichen Abstand zum Nest entspricht. Erst dann bemerkt das Insekt den Fehler und beginnt, Schleifen zu ziehen, um doch noch nach Hause zu finden.

Ob zum Ameisennest oder zum Kölner Hauptbahnhof: Um die Wegintegration überhaupt leisten zu können, muss ein Lebewesen seine eigene Bewegung wahrnehmen. Es muss also wissen, welche Strecke es zurückgelegt hat. Dieses Wissen speichert das Gehirn überraschenderweise bereits bei der Planung. Die reine Intention, eine Bewegung auszuführen, lässt uns schon Informationen darüber sammeln.

Bei der Bewegung selbst ziehen wir alle uns zugänglichen Daten aus der Umwelt: Augen und Ohren, Haut und Muskeln, Gehör und selbst die Nase liefern Sinneseindrücke, aus denen das Gehirn Wissen darüber ableitet, welchen Weg der Körper gerade zurückgelegt hat. So registriert unser Tastsinn etwa den Druck, mit dem wir auf das Bremspedal des Autos treten. Und die Muskeln geben Feed-back – die Stellung unserer Hände am Fahrradlenker signalisiert dem Körper, ob er eine Kurve fährt. Außerdem haben wir einen Trägheitssinn: Im Innenohr lesen Rezeptoren von den Bewegungen der Flüssigkeit in den Bogengängen ab, ob wir beschleunigen oder bremsen. Auch daraus errechnet das Gehirn, welche Distanzen wir zurücklegen. Besonders wichtig ist aber der optische Fluss. Wenn wir uns bewegen, zieht die Umwelt als Film an uns vorbei. Aus diesem Bilderfluss rekonstruieren wir das Wissen über unsere eigene Bewegung – übrigens ganz ähnlich wie Honigbienen.

Domglocken und Bratwürste

Die Domglocken läuten, der Bratwurstverkäufer brutzelt seine Würste genau wie auf dem Hinweg und man erblickt bereits das Dach des Hauptbahnhofs: Je mehr Sinne beteiligt sind, desto leichter fällt es unserem Gehirn, sich zu orientieren. Und die Wegintegration funktioniert noch besser, wenn weit entfernte Landmarken wie beispielsweise Berggip-

Unbewusst durchs Labyrinth

Bei jedem Stadtbummel nutzen wir markante Anhaltspunkte zur Orientierung. Hierfür muss unser Gehirn diese nicht nur als Objekte wahrnehmen (»Kirche«), sondern zudem mit Richtungshinweisen kombinieren: »An dieser Kirche rechts abbiegen!« Wie Forscher mittels bildgebender Verfahren zeigen konnten, wird die reine Objektinformation von Neuronen im hinteren Schläfenlappen des Gehirns entschlüsselt. Für das zur Orientierung so wichtige »Objekt-plus-Richtung«-Wissen dagegen ist offenbar eine andere Hirnregion zuständig: der so genannte parahippocampale Gyrus. Dessen enge Verknüpfung mit dem Hippocampus, der »Gedächtniszentrale« des Gehirns, dürfte der Grund sein, warum wir uns eine Weggabelung oder Abzweigung viel besser einprägen, wenn ein Haus oder ein Baum sie markieren und nicht eine simple Kurve oder Straßenkehre.

Doch wie beurteilt unser Gehirn die Relevanz von Wegmarken? Um das herauszufinden, schickten Gabriele Janzen und Miranda van Turennout vom F. C. Donders Center for Cognitive Neuroimaging und vom Max-Planck-Institut für Psycholinguistik im niederländischen Nimwegen Probanden in ein virtuelles Museum. Die Forscherinnen baten ihre menschlichen Versuchskaninchen, sich am Computerbildschirm den Parcours durch eine Sammlung von allerlei Spielzeugen und anderen Gegenständen möglichst gut einzuprägen. Die virtuellen Ausstellungsstücke befanden sich dabei mal an Kreuzungen, mal an Stellen, wo der Weg ohne Abzweig einen Bogen beschrieb. Nach dieser Lernphase galt es dann, die gesehenen Objekte unter vielen anderen, unbekannten Stücken wiederzuerkennen, die nacheinander auf einem weißen Bildschirm erschienen. Währenddessen wurde die Hirnaktivität der Probanden im Kernspintomografen gemessen. Ergebnis: Die Testpersonen erkannten Gegenstände, die an Wegkreuzungen aufgestellt gewesen waren, nicht nur deutlich häufiger wieder als solche an einfachen Biegungen. Der parahippocampale Gyrus war bei Ersteren zudem viel aktiver. Das während der Museumstour abgespeicherte Orientierungswissen wurde also gleichzeitig mit den Objekten abgerufen – obwohl der Weg selbst nun keinerlei Rolle mehr spielte.

Im nächsten Schritt verglichen die Forscherinnen die Neuronenaktivität beim Wiedererkennen von Ausstellungsstücken mit der bei Gegenständen, welche die Probanden irrtümlich als »nicht im Museum gesehen« deklarierten. Ergebnis: Der Gyrus parahippocampalis war stets dann am aktivsten, wenn die Objekte zuvor an Wegkreuzungen gestanden hatten – ganz egal, ob sich die Probanden an sie erinnerten oder nicht. Beim Lernen eines Wegs, so folgerten Janzen und van Turennout, sammelt das Gehirn offenbar automatisch wichtige Anhaltspunkte – und verknüpft diese Information mit dem jeweiligen Gegenstand. Ein Großteil unserer räumlichen Orientierung geht demnach unbewusst vor sich.

Und dann stellten die Forscherinnen noch die Gretchenfrage: Orientieren sich Männer besser als Frauen? »Wir haben in unseren Tests keinerlei Geschlechtsunterschiede gefunden«, urteilt Gabriele Janzen. Zumindest was das Behalten von Wegmarken betrifft, navigieren beide Geschlechter offenbar auf gleiche Weise – nämlich unbewusst.

fel zusätzlich Orientierungsinformation liefern. Insekten benutzen das Polarisationsmuster des – durch die Atmosphäre gestreuten – Sonnenlichts, um selbst bei bedecktem Himmel den Stand unseres Zentralgestirns zu erfassen.

Neben Zielführung und Generalrichtung gibt es aber noch eine dritte Möglichkeit für Wegauskünfte. Zum Beispiel, wenn Ihnen ein Passant Folgendes rät: »Die Herzoggasse geradeaus bis zum WDR-Gebäude, davor rechts abbiegen, am Wallraffplatz links und dann um den Dom herum.« Diese Routenbeschreibung nutzt Landmarken (»WDR, Wallraffplatz, Dom«) und Richtungen für die Zwischenwege (»geradeaus, rechts, links, um … herum«). Bei dieser so genannten Routenverfolgung ist der Weg also genau vorgegeben. Biegt man einmal falsch ab, dann bleibt nur die Möglichkeit, so weit zurückzugehen, bis man wieder auf etwas Bekanntes trifft – denn man kennt ja die Generalrichtung nicht.

Bei dieser Navigationsstrategie ist das Gehirn richtig gefordert: Wir müssen alle Landmarken und Zwischenrouten genau behalten, die uns der nette Passant genannt hat. Spielt unser Gedächtnis mit, dann ist es eine gute Strategie und wir kommen sicher ans Ziel.

Etwas anders verhält es sich bei der Wegintegration. Hier wird unser kognitiver Speicher weniger beansprucht als bei anderen Orientierungsweisen, denn er muss sich gerade mal an Betrag und Richtung des »Heimvektors« erinnern. Vermutlich ist deshalb diese Methode entwicklungsgeschichtlich so erfolgreich gewesen. Wegintegration funktioniert immer, weil sie ohne Landmarken auskommt und nur das Wissen über die eigene Körperbewegung braucht. Und auf diese Information haben wir immer Zugriff, selbst bei bedecktem Himmel. Trotzdem wird bei Wegbeschreibungen oft lieber die Routenvariante gewählt, wie Forscher in linguistischen Untersuchungen herausfanden: Die reine Generalrichtung – »Gehen Sie immer in diese Richtung!« – ist in komplexen städtischen Umgebungen einfach nicht so erfolgreich wie die Routenverfolgung.

Beim nächsten Köln-Besuch können wir uns dann auf unsere eigene Erinne- ▷

ANZEIGE

1. Bahnhofsvorplatz

2. Domplatte mit Römisch-Germanischem Museum

▷ rung verlassen – wobei wir ebenso die Mechanismen Zielführung, Wegintegration und Routenverfolgung verwenden. Die nötigen Informationen hierfür liefert unser Gedächtnis.

Aber in welcher Form verarbeitet unser Gehirn diese Informationen? Haben wir als Abbild der Wirklichkeit eine Art Landkarte im Kopf – mit Symbolen für Städte, Bahnhöfe, Kirchen, mit breiten Strichen für Autobahnen und schmaleren für Fußwege?

Neurobiologen und Kognitionspsychologen haben einen Begriff gefunden für den Teil des Gedächtnisses, der unsere Ortskenntnisse verwaltet: Cognitive Map, also kognitive Karte. Dieser Begriff ist verführerisch, denn er legt nahe, dass es tatsächlich eine »Karte im Kopf« gibt. Gegenwärtig wird aber immer noch intensiv daran geforscht, ob das tatsächlich so ist – oder ob die kognitive Karte nur eine Metapher ist und die räumlichen Informationen eigentlich ganz anders gespeichert werden. Die Karten-Metapher freilich ist sehr suggestiv: Landkarten erscheinen zumindest in unserem Kulturkreis als die natürlichste Art der Ortsrepräsentation. Außerdem sind Karten in der menschlichen Geschichte eine sehr alte Erfindung. In vielen Kulturen sind sie vor der Schrift erfunden worden und heute auf dem Globus fast überall verbreitet. Daraus ließe sich folgern, dass Karten auf eine universale Struktur unseres Ortsgedächtnisses zurückzuführen sind. Aber vielleicht geht dieser Schluss zu weit und sie sind einfach nur praktisch, um räumliche Informationen zu konservieren und anderen Menschen mitzuteilen.

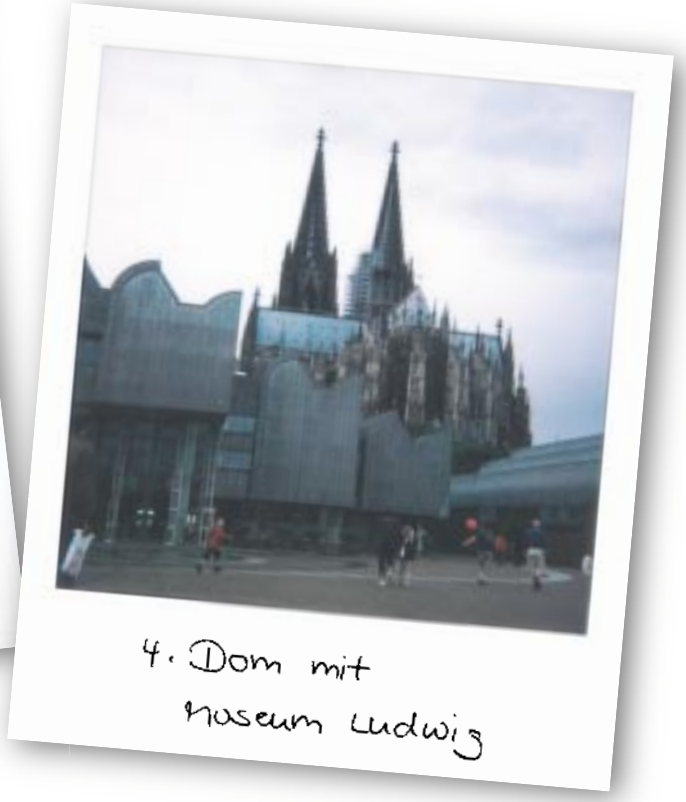
Stolperstein Kartenlesen

Gegen die Theorie von der »Karte im Kopf« spricht zum Beispiel, dass uns das Kartenlesen nicht gerade leicht fällt. Kinder müssen es mühsam lernen, und Erwachsene können Jahrzehnte in einer Stadt verbringen, ohne sich auf Anhieb auf dem Stadtplan zurechtzufinden. Auch das Zeichnen einer Ortsskizze stellt viele Menschen vor große Herausforderungen – selbst wenn ihnen die Gegend wohl vertraut ist.

Robotiker weisen außerdem darauf hin, dass eine Karte viel Speicherplatz benötigt: Sie bildet maßstabsgetreu Winkel und Abstände ab, hat in sich schlüssig und kohärent zu sein, geht stark ins Detail. Diese ganze Information muss bei jeder Gedächtnisabfrage geladen werden. Das kostet Zeit. Und was den Arbeitsspeicher des Maschinenmenschen belastet, ist womöglich als Modell für unser Gedächtnis auch nicht geeignet.

Sollten wir uns also bei der Suche nach einem solchen Modell lieber an dem Navigations-Ass *Cataglyphis* orientieren, das seine Routen einfach auswendig lernt? Die Wüstenameise speichert nur das Notwendigste, nämlich was für ihr Verhalten unmittelbar wichtig ist – ohne dafür gleich eine komplette Karte zu erstellen.

Derzeit diskutieren Forscher, ob sich Menschen nicht vielfach genauso verhalten wie der Sechsbeiner, vor allem wenn sie sich nicht gut auskennen. Auch alltägliche Wege – von der Wohnung ins Büro, vom Büro ins Bistro – merken wir uns ganz ähnlich. Diese Hypothese attackiert das verbreitete Vorurteil der Psychologie, dass Säugetiere räumliches Wissen anders abspeichern als niedere Tiere. Also nicht wie Spinnen und Ameisen als Wege von A nach B, sondern in Form von komplexen Karten, die von konkreten Wegen abstrahieren und unabhängig von der Perspektive des Gehenden funktionieren. Als eine Art Draufsicht, die in sich kohärent und vielleicht sogar genordet ist und dadurch mit den Koordinaten unserer Welt übereinstimmt.



Tatsächlich hätte ein einfaches Ortsgedächtnis wie das der Ameise für uns Menschen einen entscheidenden Nachteil: Wollen wir ein neues Bistro aufsuchen, das nicht auf altbekannten Pfaden liegt, brauchen wir ein kognitives Werkzeug, das gespeicherte Wegstücke zu neuen Routen kombinieren kann. Allein: Die Ameise kennt nur Routen vom und zum Nest. Verbindungswege zwischen einzelnen nestfernen Futterplätzen kann sie sich nicht erschließen – sie muss zwischendurch immer wieder zum Nest zurück.

Deswegen diskutieren Wissenschaftler derzeit für Säugetiere und den Menschen ein Ortsgedächtnis-Modell, das irgendwo zwischen »Karte im Kopf« und dem »Auswendiglernen« der Ameise liegt. »Insights from Animals« nannten Ranxiao Frances Wang von der University of Illinois und Elizabeth S. Spelke von der Harvard University 2002 ihr Modell schlagwortartig.

Stellen wir es uns plastisch anhand Ihres ersten Köln-Bummels vor. Sofort nach Ihrer Ankunft im Hauptbahnhof beginnen Sie, an markanten Punkten Fotos mit einer Sofortbildkamera zu schießen. Das erste Bild könnte der Bahnhofsvorplatz sein, das zweite die Domplatte, das dritte die Altstadt, dann das Museum Ludwig und so fort. Die Schnappschüsse nummerieren Sie fortlaufend und notieren dazu, wie Sie von einer Ansicht zur nächsten gekommen sind. Gelangen Sie über einen unbekannten Weg an einen weiteren markanten Ort, dann schauen Sie in der Fotosammlung nach: Gibt es dieses Bild schon? Wenn ja, dann schreiben Sie jetzt noch dazu, wie Sie diesen Platz vom letzten fotografierten Ort aus erreicht haben.

Mentale Souvenirs

Während Sie also durch die Gegend bummeln, sammelt Ihr Gehirn markante Orte und baut immer neue Wegstücke zwischen ihnen auf – Stück für Stück entsteht so ein immer dichteres Netz.

Wenn dann die Stunde der Rückfahrt naht, begeben Sie sich zum nächstliegenden bekannten Platz. Von hier suchen Sie in ihrem Gedächtnis von Foto zu Foto einen Pfad zurück zum ersten Bild, dem Platz vor dem Bahnhof. Um Zeit zu sparen, können Sie die Wegstücke dabei auch neu kombinieren und zu einem kürzeren Weg zusammenstellen. Und siehe da: Mit diesem Modell lässt sich erklären, wie wir flexibel und kreativ mit unserem Ortswissen umgehen – was uns von der Ameise unterscheidet.

Fleissiges Punktesammeln
Indem wir uns bei unseren Streifzügen durch eine fremde Stadt an markanten Plätzen orientieren, finden wir am Ende auch wieder sicher zum Ausgangspunkt zurück.

Aber es gibt auch Gemeinsamkeiten mit dem Ortsgedächtnis der Ameise. Es ist verhaltensbezogen; wir speichern also nur Dinge, die wir wirklich brauchen. Und während die Ameise sich – idealisiert formuliert – einen Ort und einen Weg merkt (das Nest und einen Weg zum Nest), merken wir uns viele Orte, viele Wege, vernetzen sie untereinander und können daraus komplizierteste Routen ableiten. Aber im Prinzip besteht auch dieses Ortsgedächtnis nur aus zwei Elementen: Orten und Wegen. Das macht dieses Modell so bestechend einfach.

Um herauszufinden, ob das Ortsgedächtnis des Menschen tatsächlich nach einem solchen Prinzip funktioniert, ließ unsere Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen Versuchspersonen in einer virtuellen Umgebung navigieren. Dazu setzten wir die Probanden vor eine Leinwand, auf die wir Ansichten einer com- ▷

HANSPETER MALLOT

PROGRAMMIERTE IDYLLE
Orientieren sich Menschen eher am kleinen rosa Häuschen längs des Weges oder am stattlichen Berggipfel, der sich über dem Horizont erhebt? Um das herauszufinden, entwickelte das Forscherteam um Hanspeter Mallot die virtuelle Computerstadt »Hexatown«, durch deren Straßen mittlerweile Scharen von Versuchspersonen ihre Wege finden mussten – und dabei erstaunliche Ergebnisse lieferten.

putergenerierten Stadt projizierten – wir nannten sie Hexatown, weil die Straßen als Sechsecke angeordnet sind.

Die Aufgabe der Probanden bestand darin, sich eine bestimmte Wegstrecke im Straßennetz zu merken und später wieder zu erkennen. Als Anhaltspunkte zur Orientierung standen ihnen zwei Arten von Landmarken zur Verfügung. Bei Ersteren handelt es sich um nur aus der Nähe sichtbare Gebäude, die einzelne Verzweigungspunkte des Straßenrasters markierten: »lokale« Landmarken, auch Wegmarken genannt. Globale Landmarken hingegen sind etwa weithin sichtbare Hochhäuser oder Berggipfel. Das Routengedächtnis, das eine Versuchsperson beim Lernen dieser Aufgabe aufbaut, besteht aus Anweisungen wie »am rosa Haus links fahren« oder »immer auf die Berge zu halten«, wobei diese nicht in Sprache gefasst sein müssen. Entscheidend ist, dass sich solche Instruktionen sowohl auf lokale (»rosa Haus«) als auch auf globale (»Berge«) Landmarken beziehen können.

Wir wollten nun herausfinden, nach welcher der beiden Typen von Landmarken sich Menschen eher richten. Und ob sie sich bei jeder Navigationsaufgabe für eine der beiden entscheiden.

Dazu wendeten wir einen Trick an. Wir verschoben die lokalen gegenüber den globalen Anhaltspunkten, indem wir die Stadt samt ihren lokalen Wegmarken drehten. Die weitere Umgebung mit ihren Globalmarken blieb hingegen fix.

Nun sollten die Versuchspersonen an einzelnen Orten des virtuellen Straßennetzes angeben, in welche Richtung der zuvor erlernte Weg führt. Hier erlebten wir eine Überraschung: Kaum ein Proband bemerkte die Manipulation. Statt dessen hielten sie an ihren vorherigen Orientierungsstrategien fest.

UNGLÄUBIGE PROBANDEN

Manche folgten also wieder den lokalen Landmarken und gingen den gleichen Weg wie vorher. Dass die Bergwand jetzt an anderer Stelle den Hintergrund säumte, störte diese Probanden überhaupt nicht – sie hatten sich, ohne es zu merken, mit der Stadt mitgedreht. Andere orientierten sich weiterhin an den unverändert gebliebenen globalen Marken. Das hatte freilich zur Folge, dass sie einen völlig neuen Weg durch das Straßennetz einschlugen – wobei auch sie nicht bemerkten, dass die lokalen Landmarken – Häuser, Plätze, Bäume – nicht die gleichen waren wie vorher.

Heißt das nun, dass jeder von uns nur eine bestimmte Sorte von Anhaltspunkten nutzt – und möglicherweise zu der anderen gar keinen Zugang hat? Um diese Fra-

ge zu beantworten, entfernten wir bei den nächsten Versuchen jeweils einen der beiden Orientierungshilfe-Typen aus der virtuellen Umgebung, also entweder alle weithin sichtbaren Berggipfel oder aber sämtliche markante Gebäude an Weggabelungen. Und siehe da, die Versuchspersonen konnten problemlos auf die jeweils andere Kategorie umschwenken und die Aufgabe ohne weiteres lösen.

Menschen können offenbar sowohl mit nahen Wegmarken als auch mit fernen Orientierungspunkten umgehen, sich aber für eine Orientierungsart entscheiden, falls beide zur Verfügung stehen. Doch warum bemerkten die Probanden nicht gleich während des ersten Experiments, dass die beiden Orientierungssysteme gegeneinander verdreht wurden? Mehr noch: Wies der Versuchsleiter die Probanden nach dem Experiment auf die erfolgte Manipulation hin, so bestritten die meisten sogar vehement, dass es eine Veränderung der Wegmarken gegeben hat. Oder sie vermuteten gar einen Fehler in der Programmierung!

Unsere Schlussfolgerung: Das menschliche Ortsgedächtnis enthält zwar viele Einzelinformationen, überprüft aber nicht, ob diese Wissensstückchen auch zueinander passen. Dadurch können widersprüchliche Informationen nebeneinander bestehen – ohne uns zu irritieren. Das spricht gegen die Existenz einer kognitiven Karte analog einer Landkarte, denn Karten müssen kohärent sein. Das Wissen, das wir über lokale und globale Landmarken speichern, lässt sich also gar nicht auf eine solche Karte zeichnen.

Das kognitive Graphenmodell

Daher nehmen wir in unserer Forschungsgruppe als Modell des menschlichen Ortsgedächtnisses etwas an, was mathematisch gesehen ein Graph ist – eine Ansammlung von Punkten und Verbindungen. Das Ganze ähnelt dann einem U-Bahn-Plan. Die Punkte oder »Knoten« stehen dabei für die Orte, die anhand lokaler Positionsinformationen erkannt werden; die Verbindungen dazwischen, die »Kanten«, entsprechen Aktionen, die jeweils von einem Ort zum nächsten führen. Genau wie in einem U-Bahn-Plan können jederzeit neue Strecken hinzugefügt werden, ohne dass die ganze Karte unbrauchbar wird.

In einer detaillierten Landkarte wäre es dagegen nicht so leicht, einfach eine neue Straße einzuziehen. Außerdem bildet der U-Bahn-Plan die Proportionen der einzelnen Strecken nur ungefähr ab. Exakte Längenangaben und wirklichkeitsgetreue Winkel – die viel »Speicherplatz« brauchen – sind hier nicht vonnöten. Die U-Bahn-Karte muss nur grob stimmen: ob der Hauptbahnhof westlich oder östlich des Rheins liegt, beispielsweise. Ähnlich sieht nach unserem Modell der »kognitive U-Bahn-Plan« aus, also der mentale Graph.

Aus diesem Graphen lesen wir leicht eine Kette von Landmarken und Übergängen ab, die eine Route Schritt für Schritt beschreibt. Wir können damit also eine genaue Routenverfolgung betreiben: wie bei einem Köln-Besuch vom WDR über den Wallrafplatz bis zum ▷

ANZEIGE

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Übersicht bewahren
Seit jeher dienen Karten zum Abspeichern räumlicher Information – auch in Köln.

Bahnhof. Gleichzeitig ist das Graphengedächtnis flexibel genug, um aus zwei sich überschneidenden Wegen zum Beispiel vom Bahnhof zur Oper und vom Marktplatz zum Hotel einen neuen Weg vom Bahnhof zum Hotel zu erschließen. Wir können mit diesem Modell also auch unsere Fähigkeit zur Wegintegration beschreiben.

Raumkognition – der Ursprung allen Denkens?

Das Schönste an diesem Modell aber ist: Es kann auf viele Lebewesen angewendet werden. Eine Ameise verfügt dann vielleicht über einen Graphen, der aus einem Knoten und einer Kante besteht. Wir dagegen haben ein Vielfaches dieses einfachen Konstrukts im Kopf. Unser Ortsgedächtnis hat sich über die Jahrmillionen nicht prinzipiell verändert – sondern nur das vorhandene Prinzip verfeinert.

Das Graphenmodell ist bestechend, denn es lässt sich auch auf andere kognitive Fähigkeiten des Menschen übertragen. So wurde in der Vergangenheit bereits mehrfach vermutet, die Raumkognition sei mehr als ein Spezialfall, möglicherweise sogar die evolutionäre Wurzel des Denkens schlechthin. Ein gutes Beispiel für die grundsätzliche Bedeutung räumlicher Ordnung für weitere kognitive Leistungen des Menschen ist die schon seit der Antike bekannte Loci-Methode der Mnemotechnik. Man kann sich all das gut merken, was man mit Orten in einer wirklichen oder gedachten Umgebung in Verbindung bringt (siehe auch den Beitrag über Merktechniken ab S. 78).

Doch dass wir uns Orte besser merken können als abstrakte Lehrsätze, verdeutlicht nicht nur die wichtige Rolle des Ortsgedächtnisses für unsere Merkfähigkeit im Allgemeinen. Bereits für den Philosophen Immanuel Kant (1724–1804) gehörte die Vorstellung des Raumes (ebenso wie »Zeit« und »Kausalität«) zu den fundamentalen Konstruktionsprinzipien des menschlichen Geistes – die nicht aus der Erfahrung stammt: Der Mensch könne gar nicht nichträumlich denken.

Und der Verhaltensforscher Konrad Lorenz spekulierte darüber, ob die komplexen dreidimensionalen Umwelten der ersten, auf Bäumen lebenden Primaten ein wesentlicher Antrieb dafür gewesen seien, sich zu höheren kognitiven Leistungen aufzuschwingen. Die sprachlichen Begriffe, die wir für allgemeine Denkleistungen verwenden, haben oft räumliche Wurzeln: Wir suchen »Lösungswege« oder »orientieren« uns, bevor wir an eine neue Aufgabe »herangehen«, und so fort.

Vielleicht spricht für diese Übertragbarkeit des Räumlichen auf das Nichträumliche, dass sich auch das Graphenmodell übertragen lässt. Beispielsweise auf das Kuchenbacken. Der Bäcker muss diverse Teilhandlungen durchführen – Zutaten abwiegen, Teig kneten, Backformen füllen. Am Ende steht der fertige Kuchen auf dem Tisch. Die Teilziele können dabei als die Knoten, die Handlungen als die Kanten eines Graphen angesehen werden.

Und der Kuchenback-Graph ist flexibel erweiterbar. Einzelne Teilschritte des Backens können in einem anderen Zusammenhang erlernt werden – beispielsweise das Aufschlagen eines Eis für ein Omelett –, und dieser Schritt kann dann in den Kuchenback-Ablauf integriert werden. Ähnlich kann jeder neue Köln-Besucher ein Stück Weg in seinen Graphen einbauen, das er schon kennt – etwa aus dem Reiseführer.

Es ist also durchaus denkbar, dass sich im Lauf der Evolution zunächst eine Gedächtnisstruktur für die räumliche Orientierung entwickelte, die später auch für andere kognitive Leistungen verwendet wurde. Dafür spricht der Nutzen, den die Raumkognition schon für niedere Lebewesen hat. Provokant gesagt: Raumkognition ist die im Tierreich am weitesten verbreitete Form des Denkens.

Hanspeter A. Mallot ist Biologe und Kybernetiker. Er arbeitet als Professor für Kognitive Neurowissenschaft am Zoologischen Institut der Universität Tübingen – und hat schon mehrfach erfolgreich seinen Weg durch Köln gefunden!

Literaturtipps

Hauser, M. D.: Wilde Intelligenz. München: dtv 2003.

Mallot, H. A.: Sehen und die Verarbeitung visueller Informationen. 2. Auflage. Wiesbaden: Vieweg 2000.

Weblink

www.cosy.informatik.uni-bremen.de/spp/
Übersichtsseite zu verschiedenen aktuellen Forschungsprogrammen zum Thema Raumkognition