

Eine Frage der Präzision

Der menschliche Blick ist ständig auf Wanderschaft und ruht immer nur für Bruchteile von Sekunden auf der gleichen Stelle – etwa 180 Mal in der Minute geht es hin und her. Das Auge springt von Punkt zu Punkt, um Interessantes dort auf der Netzhaut abzubilden, wo Scharfe und Farbintensität am höchsten sind: in der Sehgrube, der Fovea centralis. Entspreche unser Blickfeld einer Armlänge, nähme dieser Bereich die Größe eines Daumennagels ein. Nur hier ist jede Sinneszelle, die dicht gesetzten Zapfen, mit einer Nervenzelle verschaltet. Wäre die gesamte Netzhaut mit dieser hohen Auflösung ausgestattet, müsste der Sehnerv 200 Mal dicker ausfallen.

Um trotzdem möglichst scharf zu sehen, dirigiert das Gehirn über jeweils sechs kleine Muskeln die Augäpfel dorthin, wo es sinnvoll erscheint. Die Muskelfasern, die an der festen Lederhaut des Auges ansetzen, arbeiten mit großer Geschwindigkeit und Präzision. Und dies erfordert viel Sauerstoff, deshalb sind sie stärker durchblutet als der Herzmuskel. Niemand kann seine eigenen Augenbewegungen beobachten, nur die der anderen. Wer vor dem Spiegel abwechselnd das linke und rechte Auge anvisiert, dem gelingt es nicht, den sogenannten Blicksprung zu sehen.

Rasante Bewegungen

Blicksprünge sind die schnellsten Bewegungen, zu denen der menschliche Körper fähig ist. Der französische Augenarzt Émile Javal (1836 bis 1907) nannte sie treffend „saccade“, Ruck. Kurz zuvor und während einer solchen Sakkade wird die optische Sinnesleistung drastisch eingeschränkt, aber das Gehirn fügt die Informationen zu einem scheinbar lückenlosen Gesamtbild zusammen. Erkennbar wird dieser Akt des gedanklichen Auffüllens, wenn man mit einem Blicksprung zum Sekundenzeiger einer Bahnhofsuhr schaut. Für einen winzigen Moment scheint der Zeiger stillzustehen, weil das Gehirn die Wahrnehmung auf die Zeit kurz vor der Sakkade zurückstellt.

Innerhalb von 70 Millisekunden wird die Sehinformation von der Netzhaut auf verschiedene Areale der Großhirnrinde geleitet und von dort an das Stammhirn, um die Muskeln für den Blicksprung anzuweisen. Ein Knall, ein Pop-up auf dem Bildschirm: Blitzartig richten sich die Augen auf ein potentiell wichtiges, neues Ziel. Der Blick springt reflexartig, aber Menschen können ihre Augen auch auf ein bestimmtes Ziel lenken, sonst wären Autofahrer oder Neurochirurgen verloren. Das Auge ist kein passiver Sensor, sondern es erkundet aktiv das Umfeld; beim Musizieren, Werken und Radfahren eilt es der Handlung stets um etwa eine halbe Sekunde voraus.

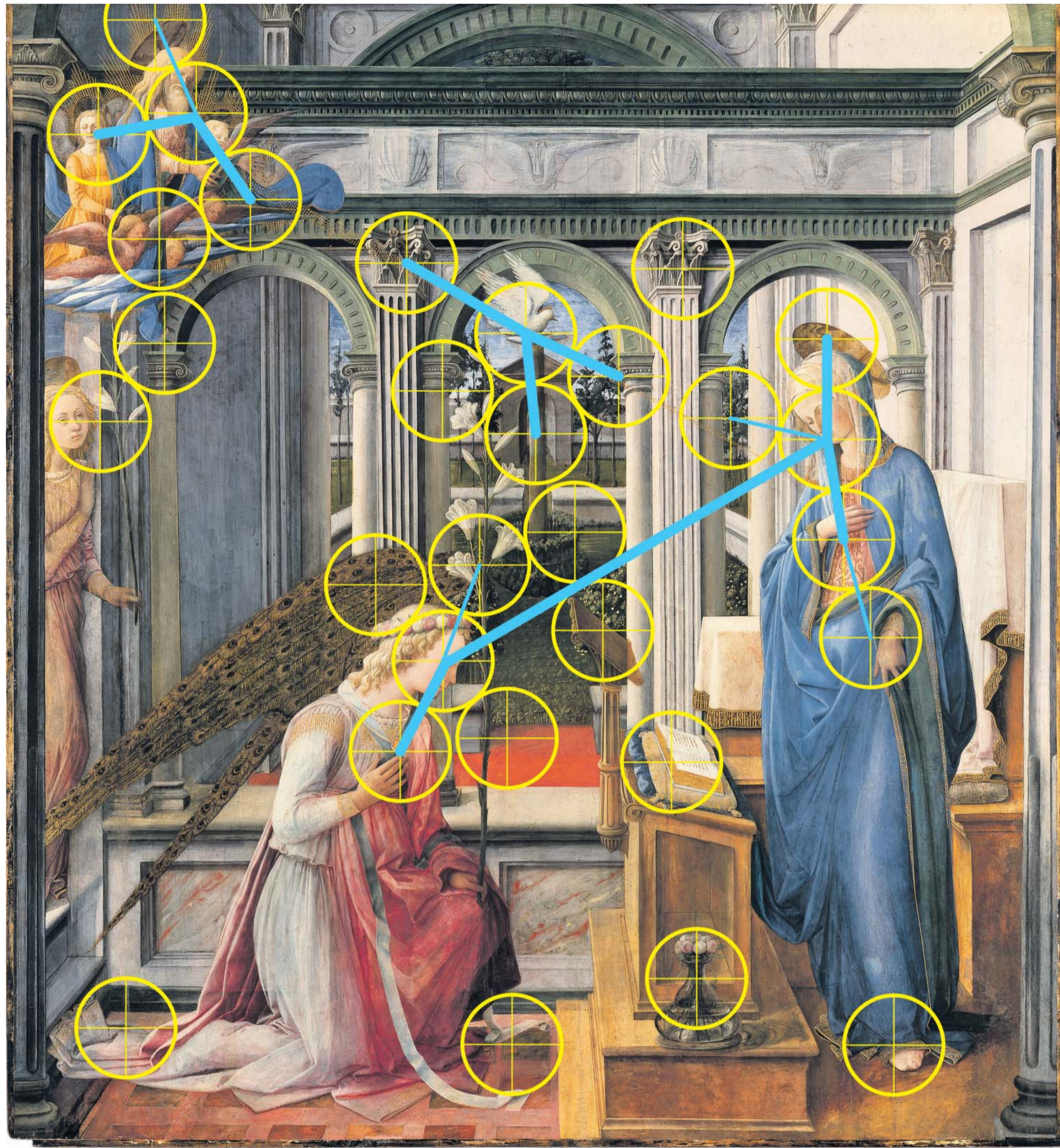
Manchmal ein Gleiten

„Schau, dort oben, der Vogel schwarm!“ Um die Flugobjekte stabil auf der Netzhaut zu halten, regt das Gehirn die Augen zu einer glatten – nicht sprunghaften – Folgebewegung an, die über mehrere Sekunden anhalten kann. Für die Datenverarbeitung im visuellen System ist das eine besondere Herausforderung: Während die Netzhaut nun ihre Position verändert und die Umgebung auf ihr wandert, erscheinen die Vögel an der mehr oder weniger gleichen Stelle.

Im Gegensatz zur Sakkade wird die Wahrnehmung dabei nicht gedämpft, Farbreize und Strukturdetails werden sehr deutlich erfasst, wie Alexander Schütz mit Kollegen an der Justus-Liebig-Universität in Gießen herausgefunden hat. „Es könnte sein, dass unser Gehirn darauf optimiert ist, bewegte Objekte möglichst schnell zu erkennen, weil sie für das Überleben wichtiger sind als unbewegte“, sagt Schütz. Doch die Folgebewegung hinkt zeitlich oft ein wenig hinterher, zwischendrin sind Sakkaden nötig; Schütz erklärt es so: „Das Auge gleicht hier einem Kind, das wegen der kürzeren Beine ab und zu einen Spurt einlegen muss, um beim Spaziergang mit den Eltern wieder auf gleiche Höhe zu kommen.“

Was quackst du?

Ist was mit meinen Haaren oder habe ich Tomatensoße auf dem Pullover? „Wir haben eine Obsession für die Blicke anderer“, sagt Leonhard Schilbach, Arzt und Neurowissenschaftler an der Universitätsklinik Köln. Blicke haben große Bedeutung für die soziale Miteinander, sie zeigen Interesse, Abneigung, Freude, Trauer und Erstaunen. Durch den Farbkontrast von Pupille und Iris – eingerahmt vom Weiß des Augapfels – lässt sich die



Der Maler Filippo Lippi wusste, wie man eine Botschaft in Szene setzt: Wer seine „Verkündigung“ betrachtet, verweilt (Kreise) oder springt (blaue Linien) auf bestimmte Weise in der Bildkomposition. Foto: bpk

Richtung leicht erkennen. Und der Augenkontakt passiert, ohne dass groß darüber nachgedacht wird. Aber: „Wenn einer einen anderen länger als zwei bis drei Sekunden direkt ohne Unterbrechung anschaut, wird das in unserem Kulturkreis als unangenehm empfunden“, sagt Schilbach. Wie, wohin und wie lange jemand gucken darf, hängt auch von der Art der Beziehung ab, ob Ehe oder Nachbarschaft.

Menschen macht es glücklich, wenn es ihnen gelingt, den Blick des anderen auf ein Objekt der Wahl zu lenken. „Dann springt das Belohnungssystem im Gehirn an“, erklärt Schilbach. Zu einer solchen „gemeinsamen Aufmerksamkeit“ sind Babys etwa mit dem 9. Monat in der Lage, wenn ihr Brabbeln auch erste Worte artikuliert. Denn das Sprechlernen gelingt nur, wenn ihr Blick auf andere Dinge des Lebens gelenkt werden kann: „Schau mal, eine Katze!“

Der Mensch reagiert darauf, wohin andere schauen; gemeinsam etwas anzuschauen, empfindet man als angenehm. Das mag mit einem Bedürfnis zu tun haben, jederzeit zu lernen und zu kooperieren, so mutmaßt der Kölner Arzt. Und wer seinen Gesprächspartner mit komplizierten Fragen herausfordert, braucht sich nicht zu wundern, wenn dieser seine Augen immer wieder seitlich abwendet. Möglicherweise ist das ein Mechanismus, um den visuellen Input zu reduzieren und die Aufmerksamkeit beim Nachdenken nach innen zu lenken.

Fenster zur Seele

Das Gehirn muss – unbewusst oder bewusst – entscheiden, wohin sich die Augen bewegen und wie lange sie an einem Ort verweilen sollen. Beeinflusst wird dieser Prozess von der Aufmerksamkeit des Beobachters, seinen Zielen und

Die Macht des Augenblicks

Wir verfolgen den Vogelzug, springen flink von Wort zu Wort und können Blicke anderer lenken. All das gelingt mit Hilfe unseres Augenpaars, aber wer weiß dabei schon, dass es sich um das schnellste menschliche Körperteil handelt?

Ein Brevier in neun Kapiteln

Von Ulrike Gebhardt

der aktuellen Gefühlslage: Denken, Erkennen, Urteilen, Erinnern schlagen sich im Muster der Augenbewegung nieder. Mit deren Registrierung hoffen Ärzte und Forscher daher, mentalen Vorgängen auf die Spur zu kommen, zum Beispiel bei autistischen Kindern, die Menschen ganz anders betrachten.

„Autisten blicken weniger auf Gesichter, dafür mehr auf Gegenstände oder auf Bereiche einer Szene, die für die Gesamtsituation aus unserer Sicht eher unwichtig sind“, sagt Bettina Olk, Psychologin an der Jacobs University in Bremen. Möglicherweise spiegelt das die Fähigkeit von manchen Betroffenen wider, sich Details außerordentlich gut einprägen zu können. „Mit Gesichtern jedoch, die unser Gehirn als Ganzes, holistisch, verarbeitet, tun sie sich schwer“, erklärt Olk. Im Alltag ist es wichtig, die Aufmerksamkeit und den Blick im Einklang mit den eigenen Zielen steuern zu können. Gerade daran hapert es bei Menschen mit ei-

ner Aufmerksamkeitsstörung wie etwa ADHS.

In Studien zeigte sich, dass betroffene Kinder einen Blicksprung zu einem visuellen Reiz normal ausführen können. Schwierigkeiten haben sie jedoch bei einer sogenannten Antisakkade: Wenn es gilt, in eine andere Richtung zu schauen als zum Reiz hin – das zu bewerkstelligen gelingt mit Beteiligung des Frontalhirns. „ADHS-Kinder machen bei dieser Aufgabe häufiger Fehler und brauchen mehr Zeit als andere“, sagt Christoph Klein vom Blicklabor der Universität Freiburg.

Gefesselte Aufmerksamkeit

Ob Plakat oder Werbespot, die entscheidende Frage für den Markt ist: Wie lenkt man die Aufmerksamkeit des Konsumenten auf eine neue Kaffeesorte oder das aktuellste Automodell? Um das zu erfahren, rüsten Forscher gern Testpersonen mit „Eye-Trackern“ aus, die ihre Blickbewegungen erfassen, und schicken sie zum Einkaufen

oder lassen sie in Zeitschriften blättern. Wie lange schaut man Anzeigen an? Was wird gesehen, gar gelesen und in welcher Reihenfolge? Dort, wo das Auge häufig anhält, muss der Ort der höchsten Aufmerksamkeit liegen: Was viel und lange fixiert wird, so die Idee, muss interessant sein, gut aufgenommen und tief verarbeitet werden.

Der amerikanische Psychologe Howard Nixon versteckte sich vor knapp 90 Jahren noch hinter einem Vorhang, um die Augenbewegungen von Probanden aufzuzeichnen. In den 1960er Jahren nutzte der russische Psychologe Alfred Yarbus dafür Licht, Fotopapier und einen kleinen Spiegel, den er mittels Saugnapf an die feste Augenhaut heftete. Auf diese Weise konnte er die Augenbewegungen von Probanden aufzeichnen. Moderne Messgeräte werden heute als Headsets oder berührungsfreie Tischgeräte angeboten. Meist wird mit Hilfe einer kleinen Kamera der Grad der Lichtreflexion gemes-

sen, die je nach Pupillenausrichtung unterschiedlich ausfällt. So kann bis zu zweimal pro Millisekunde exakt erfasst werden, wie die Augen stehen.

Und die Werbebranche weiß heute: Die Marke muss nicht ständig präsent sein. Bei der Analyse eines Brauerei-Spots hat Natalie Hofer von der Wirtschaftsuniversität Wien herausgefunden, dass die rasanten Filmsequenzen mit harten Schnitten, Musik und Text bereits so viel Aufmerksamkeit erregen, dass der Blick des Betrachters gar nicht auf das Logo fällt. Wirkungsvoller sei es, die Marke am Ende der Werbung groß einzublenden. Mit Hilfe von Eye-Trackern ließ sich auch erfassen, welche Faktoren besonders das Interesse von Menschen wecken, die in den „gelben Seiten“ nach einem Klempner suchen. Die Empfehlung: Anzeigen ganzseitig und vierfarbig gestalten, mit Illustrationen versehen und auf der rechten Seite unterbringen. Textlastig darf es durchaus sein – wer auf der Suche nach einem kompetenten Handwerker ist, will handfeste Informationen.

Eine Form der Kommunikation

Eye-Tracking-Systeme sind weit mehr als nur ein Spielzeug von Marketingstrategen. Schwerkranken und Gelähmten können so mit der Außenwelt über einen Sprachcomputer kommunizieren, den sie via Blickbewegung steuern. Zum Beispiel der britische Physiker Stephen Hawking, der an einer „Amyotrophen Lateralsklerose“ (ALS) leidet, einer Degeneration des motorischen Nervensystems. Nur die Augenmuskulatur bleibt letztlich steuerbar, eine Kamera schlägt die Brücke zum Computer. Inzwischen gibt es verschiedene Systeme, die es Gelähmten ermöglichen, Texte zu schreiben, Licht und Fernseher anzuschalten, Türen zu öffnen oder gar zu sprechen. Im europäischen Netzwerk

COGAIN versuchen Teams aus mehr als zehn Ländern, diese Technologie zu verbessern – Techniker, Psychologen, Informatiker und Pädagogen arbeiten daran. „Viele Betroffene können sich die teuren Systeme, die 15 000 bis 20 000 Euro kosten, nicht leisten“, sagt Detlev Droege vom Institut für Computervisualistik an der Universität Koblenz-Landau. Der Informatiker hofft, dass es durch die Forschungskoooperation gelingt, entsprechendes Computerzubehör zu entwickeln: preiswert und an jeden Laptop einfach anzuschließen.

Nicht nur ALS-Patienten könnten von der Technik profitieren, dabei wären es etwa 6000 allein in Deutschland. „Auch bei anderen Lähmungsstörungen ist ‚Eye-Tracking‘ eine der letzten Kommunikationsmöglichkeiten, so dass die Zahl der möglichen Anwender in Europa hunderttausend übersteigt“, sagt Droege.

Das Buchstabenkonzentrat

Nur wer seine Augenbewegungen präzise kontrolliert, kann flüssig lesen. Die Augen des Geübten springen beim Lesen meistens sieben bis neun Buchstaben weiter. Während der Haltephase, der Fixation, die 200 bis 250 Millisekunden dauert, werden die Buchstaben erfasst und das Wort erkannt. Dann mit einer Sakkade hin zur nächsten Buchstabengruppe. Stand und Sprungzeit sind beim geübten Leser kurz, Wörter werden in der Regel nur einmal angeschaut, manche übersprungen, weil aus der Erfahrung geschlossen wird, was dort mit hoher Wahrscheinlichkeit steht. Das alles muss trainiert werden, denn die Augen erforschen die Umwelt sonst nicht nur streng horizontal und mit so kurzen Blicksprüngen und Haltepunkten, wie es das Lesen erfordert. Kindern fällt es noch sehr schwer, kurze Augenbewegungen zu machen, ihnen hilft eine große Schrift.

Leseprobleme führte man früher auf eine Fehlbewegung der Augen zurück, heute gilt diese eher als ein Symptom, das die Leseschwierigkeit reflektiert. Am Zentrum für neurokognitive Forschung der Universität Salzburg untersuchte man Jugendliche mit einer Leseschwäche: Ihre Augen wanderten in sehr kurzen Sprüngen von nur drei bis vier Buchstaben über den Text. Sie verweilten länger bei einer Buchstabengruppe als geübte Leser, Wörter wurden mehrfach fixiert und selten übersprungen. Das läge daran, so die Vermutung der Salzburger Forscher um Stefan Hawelka, dass im Gehirn der Betroffenen weniger Wortbeiträge abgespeichert werden können. Ein solches internes orthographisches Lexikon ist die Voraussetzung für eine rasche Worterkennung beim Lesen. Anhaltendes gezieltes Training könne hier helfen, sagt Hawelka.

Keine Ruhe im Schlaf

Nicht nur tagsüber, sondern auch nachts ist das Auge in Bewegung. Rund ein Viertel seines Schlafes verbringt ein Erwachsener in REM-Phasen, wobei REM für „rapid eye movement“ steht. Das sind traumreiche Intervalle, in denen sich unter den geschlossenen Augenlidern des Schlafers 5 bis 35 rasche Blicksprünge in der Minute beobachten lassen. Mit ihrer Entdeckung stellte sich die Frage: Haben sie mit dem Traumgeschehen zu tun, werden Ereignisse und Handlungen mit dem inneren Auge verfolgt?

Gegen diese sogenannte Scanning-Hypothese würde sprechen, dass bereits Föten und auch von Geburt an Blinde während des Schlafes ihre Augen bewegen. Möglicherweise geschieht es rein zufällig oder hilft, Tränenflüssigkeit zu verteilen und die Augenoberfläche feucht zu halten. Um eine Antwort zu finden, hat sich Isabelle Arnulf am Hôpital Pitié-Salpêtrière in Paris diesem kniffligen Problem mit Hilfe eines Tricks angenommen. Ihr Team zeichnete im Schlaflabor sämtliche Körperbewegungen von Probanden auf, die an einer REM-Schlaf-Verhaltensstörung leiden und dadurch zu mitunter gefährlichen Aktionen neigen: Normalerweise erschläft die Muskulatur in dieser Schlafphase, nicht jedoch bei den Betroffenen. Die Ergebnisse unterstützen nun die Scanning-Hypothese, denn während der REM-Phasen bewegten sich die Augen meist in Richtung der geträumten Handlung, von der die Testpersonen am Morgen berichteten. Ein Proband, der sich gerade erst das Rauchen abgewöhnt hatte, schaute im Schlaf auf seine Hände, die eine erträumte Zigarette anzündeten. Ein anderer erkletterte eine Traumleiter und richtete die Augen dabei nach oben.