



# Erst reden, dann denken

In normalen Unterhaltungen beginnen wir oft zu sprechen, bevor wir genau festgelegt haben, was wir sagen wollen. **Antje Meyer** und ihr Team am **Max-Planck-Institut für Psycholinguistik** in Nijmegen gehen der Frage nach, wie wir Aussagen planen und welche Hindernisse es dabei geben kann. Dafür schicken die Forscher Probanden aufs Laufband, sie bauen virtuelle Umgebungen und fahren nach Indien, um dort zu untersuchen, was Analphabeten bei der Sprachverarbeitung anders machen.

TEXT STEFANIE REINBERGER

**A**uf dem Monitor flimmert eine cartoonhafte Skizze. Zu sehen ist ein Hund, der einen Postboten beißt. Zack, die nächste: Diesmal schiebt ein Mädchen einen Jungen, der auf einem Schlitten sitzt. Dann: Eine Frau gibt einem Jungen einen Keks. Die Probandin blickt konzentriert auf den Bildschirm und versucht, die kleinen wechselnden Szenen so schnell wie möglich in Worte zu fassen. Ihr Kopf ruht dabei auf einer Kinnstütze, damit er nicht wackelt. Denn während die Frau Bilder beschreibt, verfolgt eine Wissenschaftlerin mithilfe einer speziellen Augenbewegungskamera, wie ihr Blick über die Zeichnungen wandert. So wollen Antje Meyer und ihr Team der Abteilung „Psychologie der Sprache“ im Max-Planck-Institut für Psycholinguistik herausfinden, wie Menschen Sätze planen.

In einer Unterhaltung reihen sich Frage und Antwort oft nahtlos aneinander. Scheinbar mühelos bilden wir

Sätze – offensichtlich ohne uns groß Zeit zu nehmen, diese zu planen. Vielmehr beginnen viele Sprecher ihre Sätze, noch bevor sie im Detail wissen, was sie sagen wollen. Das gelingt, weil die Sprachplanung schneller ist als das Artikulieren der jeweiligen Worte. Ein Beispiel: Während man „Das kleine Mädchen...“ sagt, bleibt genügend Zeit, um im Hintergrund den zweiten Satzteil „...wirft den Ball“ vorzubereiten.

### PAUSEN UND „ÄHS“ HELFEN BEI DER SATZPLANUNG

Doch wie funktioniert das genau? Verfügen wir etwa über generelle Strategien zur Sprachplanung, die uns dabei unterstützen, Antworten zu formulieren – ohne viel darüber nachdenken zu müssen? Diese Frage sollen die Experimente mit der Augenbewegungskamera beantworten. Das Gerät bestimmt auf die Millisekunde genau, wo der Blick des Betrachters verweilt.

Schaut sich die Probandin also besagten Hund an, der den Postboten beißt, erfasst das Kamerasystem, welchen Bildausschnitt die Frau am intensivsten betrachtet, bevor sie das Gesehene in Worte packt. Daraus lässt sich folgern, welchen Informationen sie am meisten Aufmerksamkeit widmet, während sie ihren Satz vorbereitet.

Bei einfachen Sachverhalten wie „Der Hund beißt den Postboten“ folgen die Blickbewegungen der meisten Versuchspersonen demselben Muster: Nach einer kurzen Orientierungsphase, in der die Probanden oft in die Bildmitte schauen, betrachten sie die Bildregionen in der Reihenfolge, in der sie später im Satz auftauchen. Das heißt, der Blick wandert vom Hund zu der Stelle, an welcher der Hund seine Zähne ins Bein des Postboten versenkt, und schließlich zum Gesicht des Postboten.

Gilt es allerdings komplexere Sachverhalte zu beschreiben oder werden die Äußerungen länger, dann variieren die

Augenbewegungen zunehmend. Ein und dieselbe Person kann dann beim Beschreiben unterschiedlicher Szenen höchst flexibel vorgehen – erst recht gibt es Varianzen zwischen verschiedenen Sprechern. Letztlich hilft wahrscheinlich gerade eine gewisse Flexibilität bei Planung und Wortwahl, sich schnell und angemessen auszudrücken.

Trotzdem gelingt es nicht allen Menschen gleichermaßen, schnell und flüssig eine Szene zu beschreiben oder Fragen zu beantworten. „Da kommen viele Faktoren zusammen, etwa wie gut jemand einer bestimmten Sprache mächtig ist“, sagt Meyer. Wer in einer Fremdsprache spricht, wird seine Sätze bei der Planung in kleinere Häppchen zerlegen müssen. Das drosselt die Sprechgeschwindigkeit und zwingt den Sprecher zu kleinen Pausen, die dann gern mit „Ähs“ und „Ahms“ gefüllt werden.

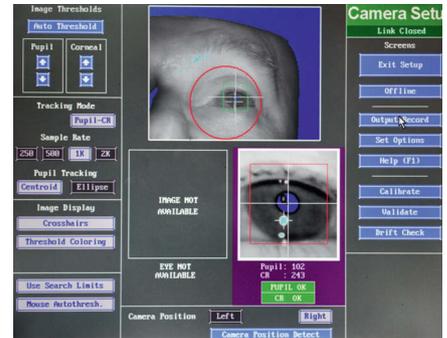
„Von daher dürfen wir nie schlussfolgern, ein ausländischer Mitbürger könne einem Sachverhalt inhaltlich nicht folgen, nur weil er vielleicht länger braucht, um seine Antwort zu formulieren“, warnt die Wissenschaftlerin. „Die Verzögerung liegt nicht in seinem Denken, sondern in seiner Fähigkeit, sich in einer fremden Sprache auszudrücken.“

Antje Meyer nennt noch ein anderes Beispiel aus der Praxis: „Im Unterricht werden Schülern Sätze zugemutet, die sie gar nicht verstehen können, weil sie den nötigen Wortschatz und die Sprachfähigkeit gar nicht besitzen.“ So seien Lehrbücher für Berufsschulen oft in einem Duktus gehalten, wie man ihn in wissenschaftlichen Abhandlungen findet – lange, verschachtelte Sätze, Fachbegriffe und Ähnliches. „Da ist es doch kein Wunder, wenn eine junge Frau, die Friseurin werden will, inhaltlich aussteigt“, kritisiert die Max-Planck-Direktorin. Dabei hätte die Berufsschülerin wahrscheinlich gar keine Mühe, den für sie relevanten fachlichen Zusammenhängen zu folgen, wären diese nur in einer Sprache ausgedrückt, die der ihren entspricht.

Solche Erkenntnisse mögen alltäglich klingen. Doch genau das reizt Antje Meyer. Die Psychologin will wissen,



Sprechzeit im Labor: Mit einer Augenbewegungskamera (rechts) wird genau erfasst, wohin der Proband blickt, bevor er spricht. Normalerweise sollte beim Sprechen jede Ablenkung vermieden werden. Allerdings können Versuchspersonen auf dem Laufband (links) Bilder schneller benennen als diejenigen, die sitzen.



wie Sprache in einem natürlichen Kontext funktioniert. Etwa in normalen Gesprächssituationen, wenn jemand auf das zuvor Gehörte antworten soll. „Man könnte meinen, dass der Zuhörer die Zeit nutzt, in der sein Gegenüber noch spricht, um die eigene Antwort vorzubereiten“, sagt die Forscherin. „Das mag manchmal möglich sein, führt aber dazu, dass das Verstehen leidet.“

Um das zu beweisen, nutzt das Team in Nijmegen wieder die Augenbewegungskamera. Diesmal sitzen zwei Freiwillige vor jeweils einem Monitor, der zwei Reihen von leicht zu benennenden Objekten zeigt. Die Aufgabe ist einfach: Der erste Sprecher benennt die Bilder der oberen Reihe, der zweite die der unteren – und zwar beide nacheinander, also nach dem Prinzip Frage und Antwort.

Während Versuchsperson Nummer eins die erste Zeile „vorliest“, verfolgen die Wissenschaftler die Augenbewegungen des „Antwortenden“. Würde dieser frühzeitig seine Äußerungen vorbereiten, so müssten seine Blicke bevorzugt die untere Reihe suchen. Dem ist aber nicht so. Die Zuhörenden folgen brav den Sprechenden durch die obere Reihe und springen erst kurz vor dem Ende

in die untere. Die zeitliche Überlappung von Zuhören und Vorbereiten der eigenen Aussage beträgt weniger als eine halbe Sekunde.

### DIE FORSCHERIN HÄLT WENIG VOM MULTITASKING

Ein weiteres Experiment liefert die Erklärung. Zeigt man Probanden Bilder von Dingen, die sie benennen sollen, und spielt gleichzeitig über Kopfhörer vorgelesene Wörter ein, können sich die Versuchspersonen später in der Regel nicht an das Gehörte erinnern. Einzige Ausnahme bilden Wörter, die eingespielt werden, während die Probanden „Krickelbilder“ sehen, die keine benennbaren Objekte enthalten. Macht der Sprecher dann – gezwungenermaßen – eine Pause, dringen die gehörten Inhalte zu ihm durch. Also werden unsere Kapazitäten fürs Zuhören durch das Planen eigener Äußerungen stark beeinträchtigt.

„Daher ist es auch überhaupt keine gute Idee, wenn wir unsere Studierenden dazu auffordern, sich während eines Vortrags kluge Fragen zu überlegen“, sagt Meyer. Stattdessen sollte die Devise lauten: Erst zuhören, dann eige-

ne Gedanken und Fragen formulieren – alles andere geht auf Kosten der Aufnahmefähigkeit. „Eigentlich dürften Sie jetzt auch nicht mitschreiben“, sagt Antje Meyer in Richtung der Journalistin, die sich während des Recherchegesprächs eifrig Notizen macht.

Überhaupt hält die Psycholinguistin wenig vom Multitasking, denn mehr als einer Tätigkeit kann die volle Aufmerksamkeit nun einmal nicht gelten. Einzige Ausnahme: moderater Sport. Probanden, die auf einem Laufband gehen, benennen Bilder schneller als Versuchspersonen, die auf einem Stuhl sitzen. „Das hat uns überrascht“, verrät die Wissenschaftlerin. „Wir waren ursprünglich davon ausgegangen, dass das Laufen von den Sprachaufgaben ablenkt und diese deshalb schlechter gelöst werden.“

Doch scheint die Bewegung vor allem zu aktivieren und damit für erhöhte Aufmerksamkeit zu sorgen. „Es ist außerdem wahrscheinlich, dass die Probanden die Ablenkung bemerken und sich daher mehr Mühe geben, die Aufgabe gut zu lösen“, sagt Meyer und fügt schmunzelnd hinzu: „Deswegen stehen wir hier auch, während wir uns unterhalten.“ >



Suche nach Vielfalt: Antje Meyer und ihr Team legen Wert darauf, unterschiedliche Probandengruppen für ihre Experimente zu gewinnen. Wie Lesen das Sprechen beeinflusst, untersucht eine Studie bei Mitgliedern der Dalits, der „Unberührbaren“ in Indien. So können Analphabeten und Lesekundige aus derselben sozialen Schicht verglichen werden.



Doch Vorsicht – Bewegung ist nicht gleich Bewegung, und nicht immer vermag sie die Konzentration zu steigern. Derzeit führt das Nijmegener Team Testreihen durch, in denen das Laufband langsamer rotiert, als es der normalen Schrittgeschwindigkeit der Probanden entspricht. Diese müssen nun aufpassen, dass sie nicht straucheln – und sind daher gezwungen, Kapazitäten von der Sprachaufgabe abzuziehen.

Tests mit Versuchspersonen vor Bildschirmen und auf Laufbändern bilden jedoch nur die relativ artifizielle Situation im Labor ab. Damit lassen sich zwar grundsätzliche Fragen zur Aufmerksamkeit und zur Sprachplanung klären. Ein echter Dialog besteht jedoch aus weit mehr als aus aneinandergereihten Begriffen, die mal gleichzeitig, mal nacheinander benannt werden. Vielmehr interagieren die Gesprächspartner und müssen spontan auf das Gesagte antworten. Dabei zieht der Sprecher einerseits die Aufmerksamkeit auf sich, sodass der Zuhörende sich in dieser Zeit keine eigene Aussage überlegen kann. Andererseits wird die Satzplanung durch das zuvor Gesagte unterstützt, weil der Antwortende Gedanken und Satzteile des Vorredners aufgreifen kann. Fragt der eine etwa: „Was ist dein Lieblingsessen?“, gewinnt der andere Zeit, wenn er antwortet: „Mein Lieblingsessen? – Das ist Pizza.“

Um Gesprächssituationen zu simulieren, die den natürlichen Bedingungen einer Unterhaltung näher kommen, entsteht zurzeit im Kellergeschoss des Max-Planck-Instituts für Psycholinguistik ein Virtual-Reality-Labor. Hier sollen Probanden künftig statt mit Bildschirmen mit dreidimensional projizierten Avataren sprechen, und zwar in möglichst natürlicher Umgebung, etwa in einem virtuellen Café. Das hat den Vorteil, dass die Wissenschaftler die Sprechmuster der Avatare bis in kleinste Detail steuern

können und die virtuellen Mitspieler nie unvorhergesehen agieren.

Um Sprache in ihrem natürlichen Kontext zu untersuchen, ist es wichtig, eine möglichst große Bandbreite an Probanden zu beteiligen. „Das meiste, was wir bisher über die Psychologie der Sprache zu wissen glauben, wurde ausschließlich mit Studierenden untersucht, von denen die meisten auch noch weiblich waren“, sagt Antje Meyer. Von einer derart elitären Gruppe auf die Allgemeinbevölkerung zu schließen, das ist ein Ding der Unmöglichkeit.

### LESEN BEEINFLUSST DIE VISUELLE AUFMERKSAMKEIT

Die Wissenschaftlerin investiert daher viel Energie darin, heterogene Probandengruppen für ihre Experimente zu gewinnen – so etwa im niederländischen Wissenschaftsmuseum NEMO in Amsterdam. Teilnehmer waren hier vor allem Eltern mit ihren Kindern. Das bot die Chance, die Dialogexperimente mit Menschen vorzunehmen, die eine andere Altersstruktur haben und aus unterschiedlichen sozialen Gruppen stammen. Noch sind diese Daten nicht ausgewertet. Doch unabhängig vom wissenschaftlichen Ergebnis freut sich Meyer über das enorme Interesse der Museumsbesucher an ihrer Arbeit.

Ein weiteres Forschungsfeld der Abteilung „Psychologie der Sprache“ benötigt in ganz besonderem Maße Probanden jenseits der Universitäten: Untersuchungen zur Sprachverarbeitung bei Analphabeten. Diesem Thema widmet sich Falk Huettig, der in der Abteilung eine eigene Forschungsgruppe leitet. Konkret befasst er sich mit der Frage, ob und wie sich die Lesefertigkeit auf Gehirn, Sprache und Denken auswirkt.

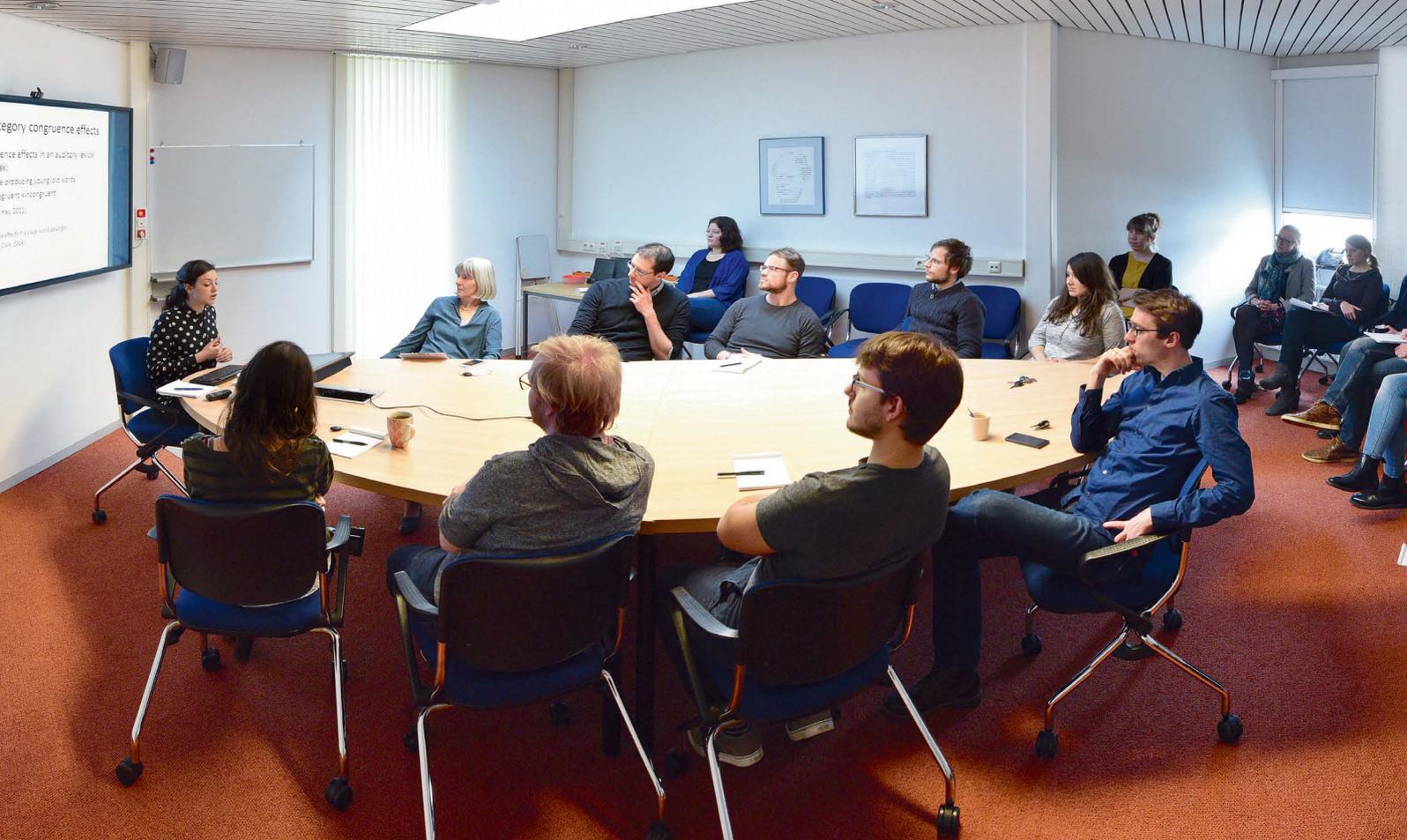
Zu den Vorreitern auf diesem Gebiet zählt der französische Neurowissenschaftler Stanislas Dehaene, der am

Collège de France in Paris forscht. Dehaene hat im Jahr 2010 gemeinsam mit internationalen Kollegen eine viel beachtete Arbeit im Fachjournal SCIENCE publiziert. Darin verglichen die Forscher die Hirnaktivität von Analphabeten mit der von Probanden, die des Lesens und Schreibens mächtig waren. Mithilfe bildgebender Verfahren beobachteten die Wissenschaftler, dass Lesen das Netzwerk für gesprochene Sprache im Gehirn beeinflusst und dieses beim Anblick geschriebener Sätze aktiviert wird.

Zudem fanden die Forscher heraus, dass bei Lesenden bestimmte Areale im Gehirn nicht nur durch geschriebene Wörter, sondern auch durch Bilder und Symbole stärker angeregt werden als bei Analphabeten. Die Region, die dafür zuständig ist, Gesichter zu erkennen, erschien jedoch verkleinert, verglichen mit jener im Gehirn der Analphabeten. Sollte sich das Lesen gar negativ auf die Gesichtserkennung auswirken?

Das Problem an Dehaenes Untersuchung: Probanden kamen teilweise aus sehr unterschiedlichen Kulturkreisen, sogar von unterschiedlichen Kontinenten. Darüber hinaus vergleicht die Studie eine relativ kleine Gruppe von Analphabeten mit Menschen, die erst als Erwachsene Lesen und Schreiben gelernt haben. Dazu kam eine sehr gemischte Kontrollgruppe Lesender, die zu einem Gutteil aus Akademikern bestand. „Da spielen zu viele Variablen hinein, etwa erhebliche Unterschiede in allen Bereichen der Allgemeinbildung, aber auch die soziale Herkunft der Probanden“, kritisiert Huettig. „Der unterschiedliche Wortschatz, aber auch Armut und schlechter Zugang zu medizinischer Grundversorgung können sich auf die Netzwerke im Gehirn auswirken.“

Der Psychologe hat sich daher auf die Suche nach Studienteilnehmern gemacht, die aus ein und derselben sozi-



alen Gruppe stammen und ihm so erlauben, den Einfluss der Lesefähigkeit direkt zu untersuchen. Und er wurde fündig: in einem kleinen Dorf im indischen Bundesstaat Uttar Pradesh bei Mitgliedern der Dalits – im Westen oft als „Unberührbare“ bezeichnet –, einer traditionell benachteiligten Schicht in der indischen Gesellschaft. „In dieser Gruppe finden wir sowohl Lese- und Schreibkundige als auch Analphabeten, die aber alle denselben sozialen und kulturellen Hintergrund haben“, sagt Falk Huettig und ergänzt: „Dazu kommt, dass wir hier sogar die Gelegenheit haben, mit einer großen Probandenzahl Längsschnittstudien durchzuführen, um zu testen, wie es sich auf Sprache, Denken und Gehirn auswirkt, wenn Analphabeten lesen lernen.“

Möglich sind diese Untersuchungen nur durch die Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern an der Universität Lucknow in der Hauptstadt von Uttar Pradesh. Dort können Huettig und seine Kollegen auch funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) nutzen, um Vorgänge im Gehirn der Probanden zu untersuchen.

Um es vorwegzunehmen: Dehaenes Hypothese, die Lesefertigkeit wirke sich möglicherweise negativ auf die Ge-

sichtserkennung aus, konnte das Team um Falk Huettig nicht bestätigen. Ebenso wenig ließ sich der vermeintlich positive Effekt auf die phonologische Verarbeitung von gesprochener Sprache verifizieren. Dafür entdeckten die Wissenschaftler eine Reihe anderer Unterschiede zwischen beiden Gruppen – auch in Sachen visueller Aufmerksamkeit. So schnitten etwa Probanden, die des Lesens und Schreibens mächtig sind, bei bestimmten Suchaufgaben besser ab als Analphabeten.

### VORHERSAGEN HELFEN, EFFIZIENT ZU SPRECHEN

Sollten die Versuchspersonen etwa aus einem Gewimmel verschiedener Hühner das grüne oder das dünne Huhn herausfinden, dann waren die Lesekundigen deutlich schneller. Besonders gut schnitten sie ab, wenn sich die gesuchten Tiere in einem Bildausschnitt rechts der Mitte befanden. Das könnte mit der waagrechten Leserichtung zusammenhängen, vermutet Falk Huettig.

Auch Stanislas Dehaene hatte bereits festgestellt, dass Lesende horizontal, also zeilenförmig ausgerichtete visuelle Reize besser verarbeiten können als Analphabeten.

Huettig entdeckte außerdem, dass die Lesefertigkeit bei seinen Versuchspersonen direkte Auswirkungen auf die Sprachverarbeitung hat. So können Analphabeten offensichtlich schlechter vorhersehen, was ihr Gegenüber als Nächstes sagen wird. Dafür nutzten die Forscher wieder ein Kamerasystem, um Augenbewegungen zu registrieren. Der Proband hört einen Satzanfang und sieht auf einem Monitor Bilder, die für einen möglichen weiteren Satzverlauf stehen. Für seine Hindi sprechenden Probanden wählte Huettig eine Aufgabe, die dem spezifischen Satzbau dieser Sprache gerecht wird.

Auf ein deutsches Beispiel übertragen, könnte das Experiment so aussehen: Man spielt „Ich esse ...“ ein, während auf dem Bildschirm ein Kuchen und ein Stuhl erscheinen. Wer nun beim Hören im Geiste den weiteren Satzverlauf vorausdenkt, wird eher auf den Kuchen schauen als auf den Stuhl. Während bei Lesenden der Blick tatsächlich bevorzugt zum Kuchen wandert, bevor das entsprechende Wort ertönt, konnten Forscher in der Gruppe der Analphabeten keine derartige Tendenz ausmachen. Deren Augenbewegungen richteten sich erst auf den Kuchen, wenn dieser erwähnt wurde. Die



Erst zuhören, dann diskutieren: Nach diesem Grundsatz gestaltet Antje Meyer Sitzungen mit ihrem Team. Aus ihren Experimenten weiß sie, dass Menschen nicht gleichzeitig einem Vortrag folgen und eigene Gedanken formulieren können.

Analphabeten konnten zwar den Zusammenhang zwischen gehörtem Satz und gesehenen Symbolen herstellen, sie hatten aber große Schwierigkeiten, den Satzverlauf vorherzusagen.

Mehr noch: Die Fähigkeit zur Vorhersage steigt mit zunehmender Lesefertigkeit, wie weitere Untersuchungen der Max-Planck-Forscher ergaben. Sie verglichen dazu etwa Menschen mit Dyslexie, also einer Leseschwäche, und durchschnittlich begabte Leser. Oder Zweitklässler, die gut lesen konnten, und Zweitklässler, die sich damit schwer taten. Und sogar bei Studenten machte sich der Effekt bemerkbar: Wer besser liest, sagt auch gesprochene Sprache sicherer und schneller voraus.

Im Alltag macht sich dieser Unterschied allerdings kaum bemerkbar. Schlechtere Leser antworten nicht zwingend langsamer auf eine Frage als gute – sofern sie dieser inhaltlich gewachsen sind. Und auch Analphabeten sind in ihrer alltäglichen Konversation nicht unbedingt eingeschränkt. Es scheint, als sei Vorhersage nur eine von vielen Strategien, die das Gehirn nutzt, um Sprache und Sprechen möglichst effizient zu machen.

Was Falk Huettig aus den Untersuchungen aber auf jeden Fall mitnimmt,

ist eine Bestätigung dafür, dass Lesen einen signifikanten Einfluss auf die Informationsverarbeitung und die Netzwerke im Gehirn hat. Wie sich das genauer darstellt, hofft er, durch die fMRT-Untersuchungen herauszufinden, die er derzeit mit seinen Kollegen in Indien vornimmt – bei Analphabeten, die gerade lesen lernen.

Wovon der Wissenschaftler jedoch heute schon überzeugt ist: „Unsere Untersuchungen und Befunde haben großes Potenzial für die Dyslexieforschung.“ Bisher sei viel darüber berichtet worden, was Menschen mit Dyslexie nicht oder schlechter können als Lesefertige. Was davon aber nun Ursache und was Effekt der Leseschwäche ist, sei bei dieser Herangehensweise kaum auszumachen.

Zieht man jedoch den Vergleich zwischen Analphabeten und Personen mit Lese-Rechtschreib-Schwäche, so könne man die Gemeinsamkeiten der beiden Gruppen als Ergebnis des Nichtlesens einordnen. Das grenze wiederum die Suche nach den Ursachen ein.

„Als erste Konsequenz unserer Ergebnisse kann man Dyslektikern nur raten, möglichst viel zu üben – auch wenn es schwerfällt“, sagt Huettig. „Denn je mehr das Lesen trainiert wird, umso mehr verbessert sich beispielsweise auch die visuelle Aufmerksamkeit.“ Und damit sind wissenschaftliche Neugier und reine Grundlagenforschung wieder mitten im Alltag angekommen – dort, wo Sprache unter natürlichen Bedingungen stattfindet. ◀

### AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Menschen können in Gesprächen nicht gleichzeitig zuhören und eine Erwiderung planen. Stattdessen entwickelt sich der Inhalt des Gesagten oft erst beim Sprechen.
- Die Fähigkeit zu lesen hat einen signifikanten Einfluss auf die Informationsverarbeitung im Gehirn.
- Wer lesen kann, schneidet etwa bei Suchaufgaben in Bildern besser ab und kann Inhalte von Gesprächen besser vorhersehen.

### GLOSSAR

**Bildgebende Verfahren:** In den Neurowissenschaften ermöglichen sie es mithilfe spezieller Techniken, dem Gehirn sozusagen bei der Arbeit zuzuschauen. Zu den am häufigsten angewendeten Methoden gehören die Positronen-Emissions-Tomografie (PET), die mittels Verteilung einer schwach radioaktiv markierten Substanz Schnittbilder vom Gehirn ermöglicht, sowie die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT).

**Dyslexie:** Internationaler Begriff für eine intelligenzunabhängige Leseschwäche. Er wird meist gleichbedeutend mit Legasthenie verwendet. Kennzeichen sind schwere, anhaltende Probleme mit dem Lesen- und Schreibenlernen auf der Wortebene.

**Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT):** Mit diesem Verfahren lassen sich Durchblutungsänderungen von Hirnarealen sichtbar machen. Anhand dieser Veränderungen können Wissenschaftler testen, welche Bereiche des Gehirns bei bestimmten Aufgaben besonders aktiv sind.