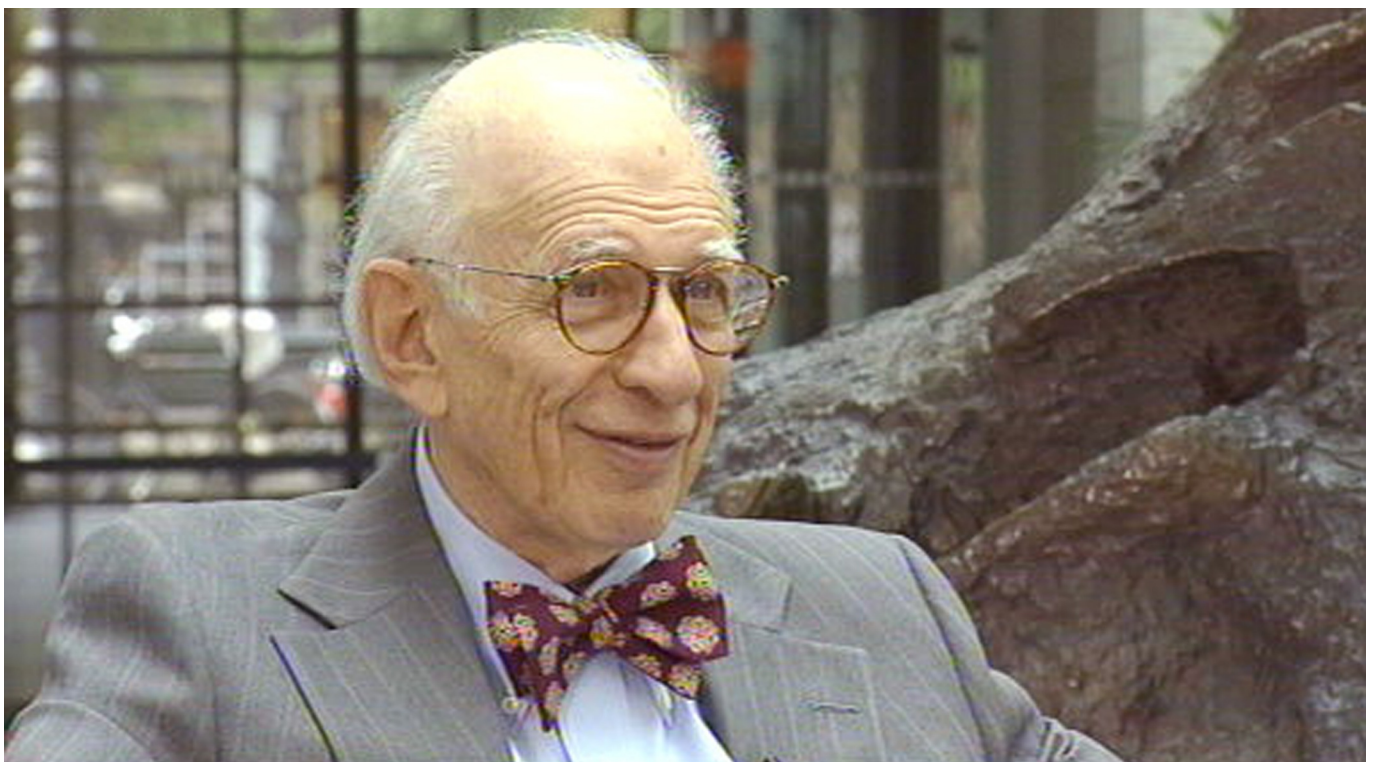


Feuer der Erinnerung
Medizin-Nobelpreisträger Eric Kandel
im Gespräch mit Gert Scobel in Berlin



a n d e r s f e r n s e h e n

3sat

Feuer der Erinnerung Medizin-Nobelpreisträger Eric Kandel im Gespräch mit Gert Scobel in Berlin

Wien im November 1938 – Reichspogromnacht. Systematisch zerstören die Nazis in dieser Nacht jüdische Geschäfte und Einrichtungen im gesamten Deutschen Reich. Wer in dieser Nacht nicht ermordet oder deportiert wird, flieht. Das Ende einer Welt.

Stockholm im Dezember 2000: Die Welt ehrt einen Überlebenden: Eric Richard Kandel, Kind österreichischer Juden und 1939 aus Wien geflohen, ist heute ein weltberühmter Hirnforscher. Er erhält den Medizin-Nobelpreis für seine lebenslangen Forschungen über die Natur des menschlichen Geistes - und für seine Entdeckung eines Proteins, dem beim Lernen und Erinnern eine Schlüsselfunktion zukommt. Kandel erforscht an der Columbia Universität die Biochemie von Lernen und Vergessen, Gedächtnis und Erinnerung. Als Modellorganismus dient ihm die Meeresschnecke *Aplysia*, an deren extrem großen Nervenzellen sich einfache Formen des Lernens studieren lassen.

Wie aber lernt der Mensch? Was sind die biologischen Grundlagen der menschlichen Seele? Wie brennen sich prägende Erfahrungen – Traumata – bis in die zelluläre und molekulare Struktur von Gehirnen ein? Was ist Bewusstsein? - Das größte ungelöste Rätsel unserer Zeit.

Der vollständige Interviewtext:

Scobel: „In Ihrem Buch erwähnten Sie, dass Sie in einem Klima aufwuchsen, das stark von den Ideen Freuds geprägt war. Sie wollten Psychoanalytiker werden. Weshalb?“

Kandel: „Als ich in die USA kam, nachdem ich aus Wien geflohen war, wollte ich unbedingt verstehen lernen, was kultivierte, anständige Menschen dazu trieb, sich in Killer zu verwandeln. Ich wollte die Natur menschlicher Antriebskräfte verstehen. Zuerst dachte ich, dass mir das Studium der Geistesgeschichte Deutschlands und Österreichs dabei helfen würde. Während ich mit diesen Arbeiten beschäftigt war, verliebte ich mich. Ich traf eine wunderbare Wienerin, die Tochter zweier Psychoanalytiker: Ernst und Marianne Kris. Durch sie begriff ich, dass Psychoanalyse völlig neue Einsichten in die menschliche Seele eröffnete. Heute, im Jahre 2006, weiß man kaum noch, wie aufregend die Psychoanalyse in den 50ern war. Sie war der Königsweg zum Verständnis der Seele. Deshalb begann ich Freud zu lesen, und mir wurde klar, wie wunderbar nuanciert, differenziert und detailreich das Verstehen menschlicher Antriebskräfte, menschlichen Verhaltens war, das er lehrte.“

Scobel: „Haben Sie eine Antwort darauf gefunden, warum aus kultivierten Menschen Killer werden?“

Kandel: „Nein. Das ist eine sehr, sehr tiefeschürfende Frage. Ich glaube, die Fähigkeit zu töten ist in den Genen aller Menschen eingebaut. Außerdem denke ich, dass es in Europa einen weitverbreiteten Antisemitismus gab aus Zeiten, in denen die katholische Kirche lehrte, die Juden hätten Christus getötet. Und daraus folgte: Wer den Heiland getötet hat, der muss zu einer Art Untermensch gehören. Und weil Juden in Rassenbegriffen definiert wurden, als seien sie völlig verschieden von der „arischen Rasse“, galten sie als wertlos. Also, ich glaube, es ist eine Kombination verschiedener Faktoren.“

Scobel: „Bis vor kurzem gab es eine riesige Kluft zwischen Freud, der Psychoanalyse und den Neurowissenschaften. Durch Ihre Arbeit kamen beide wieder zusammen. Wie ist das passiert?“

Kandel: „Nun, wie Sie wahrscheinlich wissen, begann Freud als Biologe. Seine frühen biologischen Forschungen waren brilliant. Er befasste sich mit dem Aufbau der Nervenzellen, was im Jahre 1880, 1890 sehr schwierig war. Er begriff, dass die

verschiedenen Komponenten der Nervenzellen - die Dendriten, die Informationen von anderen Nervenzellen erhalten, und die Axone, welche Informationen an andere Nervenzellen senden – alle zu einer einzigen Einheit gehören. Er begriff, dass die Nervenzelle eine komplexe Einheit aus drei Teilen war. Das war eine brillante Erkenntnis! Das war die Neurodoktrin, die Basis unseres modernen Verständnisses vom Nervensystem. Freud stand kurz vor umwälzenden Erkenntnissen, aber verschiedene Dinge führten dazu, dass er sich doch der klinischen Praxis zuwandte: Zum einen musste man in Freuds Zeit finanziell unabhängig sein, um forschen zu können. Aber Freud hatte gerade geheiratet, hatte kein Einkommen. Er kam aus einer armen Familie, er brauchte Geld! Als Arzt konnte er sich aber nur behaupten, indem er eine Privatpraxis eröffnete. Er begann als Neurologe, doch sehr bald interessierte er sich für Geisteskrankheiten – Hysterie – und entwickelte daraus seine Gesprächstherapie. So wechselte er allmählich von der Biologie zur Psychologie und Psychoanalyse, immer in der Hoffnung, eines Tages wieder zurückkehren zu können.“

Scobel: „Einer der Gründe, weshalb er damit aufhörte, war, dass er auf der Ebene der Anatomie den Unterschied zwischen bewussten und unbewussten Prozessen nicht finden konnte. Haben Sie heute eine Antwort auf Freuds Frage, was der Unterschied ist?“

Kandel: „Ja. Freud erkannte ganz richtig, dass wir 1890 noch keine biologische Basis für geistige Prozesse hatten. Erst jetzt beginnen wir zu verstehen. Es ist ein enorm kompliziertes Problem. Das schwierigste Problem in der ganzen Wissenschaft. Aber heute wissen wir, dass das Sehvermögen in bestimmten Teilen des Gehirns abgebildet wird und dass es einen bestimmten Bereich für Gesichts-Repräsentation gibt. Wir verstehen auch, wie gewisse Handlungen unbewusst bleiben, wie sie repräsentiert werden, und dass andere Handlungen bewusst sind und wo sie abgebildet werden. Wir besitzen zwar noch keine detaillierte Analyse von Ich, Es und Über-Ich, aber wir wissen, dass alle drei Instanzen ein Bündel von Funktionen repräsentieren und dass jedes einzelne Bündel in einem oder mehreren Bereichen des Gehirns abgebildet wird. Wir machen gute Fortschritte, dies alles zu verstehen. Die Leute fragen mich oft: Hat Ihnen denn diese Ausbildung in Psychiatrie, in Psychoanalyse wirklich etwas gebracht? Sie forschen an einer Schnecke – was hat das mit Psychoanalyse zu tun? Und ich antworte ihnen, dass alle meine Ideen durch mein Interesse an Verhalten, an geistigen Prozessen angeregt wurden. Ich würde mich heute nicht mit Gedächtnis und Lernen beschäftigen, hätte es nicht mein frühes Interesse an Psychiatrie und Psychoanalyse gegeben. Deshalb glaube ich, dass der eigene kulturelle Hintergrund maßgeblich den Zugang zu Wissenschaft bestimmt und die übergeordneten Fragen prägt, die man zu beantworten versucht.“

Scobel: „Würden Sie sagen, dass Sie irgendwann in der Lage sein werden, auf der Ebene der Neuronen zu bestimmen, was das Ich, was Bewusstsein ist?“

Kandel: „Absolut! Ich glaube nicht, dass dies schon morgen geschehen wird. Es passiert vielleicht noch nicht einmal in den nächsten 70 oder 100 Jahren. Aber die Biologie ermöglicht ein detailliertes Verständnis aller mentalen Prozesse. Viele Menschen haben aber Angst, dass sich, sobald wir die Biologie der Seele verstanden haben, eine Entzauberung einstellen wird, was intellektuelle Denkleistungen, was Kreativität betrifft. Davor habe ich gar keine Angst. Wir wissen ja auch, dass das Herz ein Muskel ist, der das Blut durch den Körper pumpt. Dennoch ist es fantastisch anzusehen. Die Biologie gibt uns ganz neue Erklärungen an die Hand. Wenn Sie ins Museum gehen und jemand erklärt Ihnen, was das Lächeln der Mona Lisa bedeutet, was das Geheimnis dieses Bildes ist, dann wird das Gemälde durch diese Erklärung nicht weniger interessant. Es wird noch interessanter.“

Scobel: „Vielleicht greife ich ein wenig voraus, aber es gibt eine Diskussion über Neuro-Ethik: Ob wir die Kriterien besitzen zu beurteilen, wer sein Hirn tunen darf und wer nicht.“

Kandel: „Das ist eine wunderbare Frage und ich würde sagen, dass sie mehrere Aspekte hat. Wenn ich Ihnen jemanden zeige, der 75 Jahre alt ist und dessen

Erinnerungsvermögen altersbedingt nachlässt, dann hätten Sie und ich keine Schwierigkeit zu sagen, dass diese Person ein Recht darauf hat, ihr Erinnerungsvermögen medikamentös zu verbessern. Wenn ich Ihnen aber einen 15-Jährigen zeige, der sich auf dem Gymnasium oder an der Universität auf eine Prüfung vorbereitet, dann würden wir keine Medikamente empfehlen, die seine Leistungen steigern. Wir würden sagen: Geh nach Hause und lerne ein wenig mehr! Bei jungen Menschen bezweifle ich die Nützlichkeit sehr stark: Es ist ein wenig wie die Anwendung von Steroiden, um sportliche Leistungen zu verbessern. Das ruft eine Reihe von Problemen hervor: Zum einen: Wir wollen keine Gesellschaft auf Drogen. Wir wollen nicht, dass Marihuana und Heroin von Neurostimulanzien abgelöst werden - Nummer eins. Nummer zwei: Medikamente sind teuer. Es dauert sehr lange, um Medikamente zu entwickeln, Deshalb kosten diese Medikamente später eine Menge Geld. Nur wohlhabende Menschen könnten dann ihren Kindern diese Medikamente kaufen, damit diese ein Universitätsexamen bestehen können. Arme Menschen könnten dies nicht. Niemand will eine solche Gesellschaft. Das dritte Problem ist, dass jedes Medikament – selbst Aspirin – Gefahren birgt.“

Scobel: „Nebenwirkungen?“

Kandel: „Wer geistig behindert ist, ist bereit, das Risiko einzugehen. Wenn Sie 70 Jahre alt sind und unter Vergesslichkeit leiden, sind auch Sie bereit, das Risiko auf sich zu nehmen – es ist vergleichsweise klein. Aber mit 15 Jahren sollte man ein solches Risiko nicht eingehen.“

Scobel: „Die gleichen Medikamente könnten aber auch beim Vergessen wirksam sein, dem genauen Gegenteil von dem, worüber wir gesprochen haben. Auch hier stellt sich die Frage, ob wir solche Medikamente in Fällen von Traumatisierungen einsetzen sollten oder nicht.“

Kandel: „Das ist ein komplizierteres Thema, zu dem ich noch keine endgültigen Gedanken formuliert habe. Im Moment hätte ich jedoch keine Schwierigkeiten damit, einem Feuerwehrmann eine Pille zu geben, der in ein brennendes Gebäude geht und dort vielleicht einen Kollegen verliert oder der mit ansehen muss, wie Menschen bei lebendigem Leibe verbrennen. Ich sehe auch keine Probleme darin, Soldaten eine solche Pille zu geben, die in den Krieg ziehen. Ich denke, die Gesellschaft hat eine Verantwortung den Menschen gegenüber, die sie in Gefahrensituationen schickt. Ihre Gefühle könnten dadurch über Jahre zutiefst gestört sein.“

Scobel: „Was das Militär betrifft...“

Kandel: „Ja!“

Scobel: „Wäre es demnach nicht leichter, Kriege zu führen?“

Kandel: „Nein, diese Pillen schützen einen nicht vor dem Krieg. Sie schützen einen vor dem Trauma des Krieges und vor den emotionalen Auswirkungen des Krieges. Das ist wahr. Es ist denkbar, dass die Menschen leichtsinniger, gefühlloser werden könnten, bereit, das Morden eher zu tolerieren, wenn das keine Nachwirkungen mehr hätte. Das ist ein sehr guter Punkt. Ich dachte aber eher an die Zeit danach, wenn die Menschen mit posttraumatischen Stresssyndromen aus dem Krieg zurückkehren. Dennoch haben Sie einen wichtigen Punkt berührt, dass man mit der Löschung schmerzlicher Erinnerungen auch die Schwelle senken könnte, wieder in den Krieg zu ziehen. Aber gewöhnlich sind es nicht die Soldaten an vorderster Front, die entscheiden, ob wir in den Krieg ziehen - es ist der Präsident der Vereinigten Staaten.“

Scobel: „Könnten Sie einem Laien erklären, wie es möglich ist, etwas so Komplexes wie das Lernen zu verstehen – auf der Ebene der Biochemie?“

Kandel: „Ja. Als ich begann, mich mit dem Lernen zu beschäftigen, fing ich mit seiner komplexesten Form an: dem Gehirn von Säugetieren. Da dies aber zu schwierig war, ging ich zum einfachsten Modell über, wie ein einfacher Reflex in einem einfachen

Tier durch Lernen modifiziert werden kann. So stieß ich auf das Grundgerüst von Lernprozessen.“

Scobel: „Glauben Sie, dass sich Verhalten eins zu eins in Nervenzellen übersetzen lässt?“

Kandel: „Eins zu eins. Die Kommunikation zwischen Nervenzellen wird durch genetische und mentale Prozesse bestimmt. Man wird also mit einem Gehirn geboren, das - normal und korrekt verschaltet – auch normal funktioniert, und in Ihrem Fall funktioniert es besonders gut. Wir besitzen also ein gut funktionierendes Gehirn, mit festgelegten Verschaltungen. Was jedoch nicht festgelegt ist, ist die exakte Stärke der Verschaltung. Diese Stärke wird durch das Lernen verändert. Das Lernen moduliert die Stärke der synaptischen Verbindungen. Sobald wir das herausgefunden hatten, konnten wir weitere Fragen stellen. Zum Beispiel: Was ist der Unterschied zwischen dem Kurzzeitgedächtnis – wie zum Beispiel das Suchen nach einer Telefonnummer im Telefonbuch – und dem Langzeitgedächtnis – etwas immer und immer wieder wiederholen und so lernen? Wir fanden heraus, was Kurzzeitgedächtnis ist: Die Verbindungen verändern sich funktionell. Anatomisch verändert sich nichts. Beim Langzeitgedächtnis entwickeln sich jedoch neue synaptische Verbindungen. Wenn wir uns später an unser Gespräch erinnern und ich weiß, ich werde mich daran erinnern, dann deshalb, weil mein Gehirn nach diesem Interview ein anderes ist als vorher. Es wird darin neue anatomische Verbindungen geben. Das ist ziemlich profund. Es bedeutet, dass jeder einzelne Mensch, den wir kennen, jeder einzelne Mensch in Deutschland ein Gehirn besitzt, das sich von dem anderer unterscheidet – und sei es nur wegen der unterschiedlichen sozialen Erfahrungen. Bei der Suche nach den molekularen Grundlagen fanden wir heraus, dass beim Kurzzeitgedächtnis innerhalb der Nervenzelle ein Signalsystem namens zyklisches AMP aktiviert wird, welches die Verbindung kurzzeitig verstärkt. Beim Langzeitgedächtnis jedoch, wenn man etwas wiederholt, dann kann das zyklische AMP sogar bis in den Zellkern gelangen - dem Zentrum der Gen-Regulierung - und Gene einschalten. Das bedeutet also, dass während unseres Gesprächs Gene in unseren Gehirnen verändert werden. Das ist eine überraschende Erkenntnis. Viele Leute glauben, dass die Gene über unser Verhalten bestimmen. Sie erkennen nicht, dass Gene auch von unserer Umwelt beeinflusst werden. Die Gene in unserem Gehirn werden durch Lernen und (unterschiedliche) Umwelteinflüsse modifiziert. Sie verändern den Grad ihrer Umsetzung und das führt zum Wachstum neuer Nervenzellen.“

Scobel: “Jetzt gibt es aber Zehntausende von Genen. Wie haben Sie herausgefunden, welches Gen wie genau funktioniert?“

Kandel: „Wir konzentrierten uns auf jene Nervenzellen, die wir verändert hatten, und erkannten so, auf welche Gene zyklisches AMP wirkt. Wir schauten uns diese Gene genauer an – es sind zyklische AMP-Antwort-Binde-Proteine, die für eine Verstärkung der Signalübertragung zwischen den Neuronen sorgen und schon in anderen Organen lokalisiert wurden – und wir blockierten diese. Damit blockierten wir das Langzeitgedächtnis, ohne das Kurzzeitgedächtnis zu beeinträchtigen. Dann machten wir weiter: Wir nahmen dieses Protein, gaben zyklisches AMP dazu, injizierten es in eine Zelle und: Volltreffer! Wir gaben der Zelle Erinnerung. Das Experiment zeigte ganz deutlich, dass dies ein wichtiger Bestandteil war.“

Scobel: „Glauben Sie, dass es heute Unterschiede gibt zwischen der deutsch-österreichischen Wissenschafts-Tradition und der in den USA oder den angelsächsischen Staaten?“

Kandel: “Ja! Was Amerika zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch Forscher wie Thomas Hunt Morgan einführte, war eine demokratische Haltung zur Wissenschaft. In Deutschland und Österreich gab es den “Geheimrat”. Er war die Hauptperson. Alle arbeiteten für ihn. Die Menschen hatten großen Respekt vor ihm und er selber war von seiner Wichtigkeit überzeugt. Es gab eine klar definierte Hierarchie. Thomas Hunt Morgan und viele seiner Nachfolger in den USA entwickelten eine andere Einstellung. Jeder war gleichermaßen wichtig. Was zählte, waren deine Ideen. Selbst junge Studenten

fanden Gehör, wenn sie gute Ideen hatten, und in der Laboren war man per du. Das schuf natürlich eine andere Kultur, in der junge Menschen - unabhängig von ihrer Herkunft, ihrer Zugehörigkeit zum Labor, ihrem Alter - respektiert wurden, sofern sie zum Erfolg des Labors beitrugen. Das war ein Wertewandel und glich die Hierarchie im Labor aus. 1915 schrieb Thomas Hunt Morgan einen Klassiker über den Bau der Gene. Zwei seiner Koautoren waren noch Studenten am College! Undenkbar in Europa! Als François Jacob 1947 in die USA kam, konnte er es nicht fassen, dass Arthur Kornberg – einer der wichtigsten Biochemiker der Welt – in seinem Labor von Studenten mit „Arthur“ angeredet wurde. Jacob sagte: Als ich in Monods Labor anfang, war er nur 5 Jahre älter als ich. Ich wusste nicht, wie ich Monod anreden sollte. Also sprach ich ihn in den ersten sieben Jahren überhaupt nicht an! Es ist ein großer Unterschied und ermutigt die jungen Leute zu mehr Kreativität.“

Scobel: „Glauben Sie, es ist wahr, was z.B. Julian Jaynes sagte, dass Religion oder die Gottesvorstellung das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen den beiden Hirnhälften ist?“

Kandel: „Nun, ich glaube, das ist ein Standpunkt. Um es allgemeiner auszudrücken: Es gibt zwei Gottestheorien: In der einen gibt es einen göttlichen Schöpfer, der verantwortlich für den Aufbau des Universums ist oder wenigstens etwas damit zu tun hatte. Die meisten großen Religionen sind nur Variationen dieser Theorie. Die andere Theorie besagt, dass unser Geist Gott erschaffen hat. Wir möchten an ein Leben nach dem Tod glauben, an eine Art Unsterblichkeit. Wir brauchen jemanden, der uns durch diese Ungewissheit führt. Deshalb erschaffen wir mit unserer Vorstellungskraft, mit unserem Gehirn unser Bild von Gott. Die Tatsache, dass alle Gottheiten Ähnlichkeiten haben, scheint das zu bestätigen.“

Scobel: „Was denken Sie persönlich?“

Kandel: „Ich bin gerne Jude. – Ich mag den kulturellen Aspekt des Judentums. – Ich glaube nicht, dass es dort oben jemanden gibt. – Ich mag die moralischen, sozialen und gelehrten Seiten des Judentums. – Ich teile nicht den strengen Glauben an einen einzigen Gott, eine einzige Präsenz.“

Scobel: „Sie erwähnten das visuelle System und dass es verschiedene Hirnbereiche gibt, in denen unterschiedliche visuelle Eindrücke verarbeitet werden. Gilt dasselbe auch für das Ich oder das Bewusstsein, dass sie aus verschiedenen Teilen bestehen, die zusammengefügt werden?“

Kandel: „Sehr gut. Das ist eine sehr gute Erkenntnis. Bewusstsein ist das größte Rätsel von allen. Wenn wir das Gehirn als die Herausforderung des 21. Jahrhunderts betrachten, dann ist Bewusstsein die Krönung dieser Herausforderung. Wir wissen noch nicht einmal, ob es so etwas wie ein Bewusstsein überhaupt gibt. Vielleicht wird dieser Begriff obsolet, wenn wir das Gehirn vollständig erforscht haben, weil er dann vielleicht nicht mehr eine einzige, sondern ein Bündel von Funktionen beschreibt. Und mit unserem wachsenden Verständnis könnte es auch zu neuen Begrifflichkeiten dafür kommen. Bis heute besitzen wir dafür aber noch keine neuro-anatomische Grundlage. Wir wissen, dass man bei gewissen Hirnverletzungen bewusstlos wird. Es gibt aber einen großen Unterschied zwischen Bewusstlosigkeit und dem, was Sie und ich für Bewusstsein halten: Selbst-Bewusstsein, wie ich mich als einzigartige Person wahrnehme und wie Sie sich als einzigartige Person wahrnehmen. Über diese tiefgehenden Probleme haben wir noch keine Erkenntnisse. Das wird sehr interessant. Die Schwierigkeit ist, dass wir zwar etwas Objektives „da draußen“ untersuchen können. Aber warum ICH auf diese Farbe Blau anders reagiere, als Sie es tun - das ist ein viel schwierigeres Problem. Da liegt der Unterschied: Die Subjektivität des Bewusstseins. Und das macht es sehr schwer.“

Scobel: „Wird es eine wissenschaftliche Theorie geben, wie all die verschiedenen Aspekte, die das Ich ausmachen, miteinander verbunden werden?“

Kandel: „Ja. Das ist ein sowohl empirisches wie auch konzeptionelles Problem.“

Empirisch ist, wenn ich Sie anschau und mein Nervensystem Ihr Bild in seine Bestandteile zerlegt. Es verarbeitet die Form Ihres Kopfes auf eine bestimmte Art und die Farbe Ihrer Haut auf eine andere Art. Wenn Sie Ihren Kopf schütteln, gibt es ein anderes System, welches die Bewegungen visueller Objekte verarbeitet. Irgendwie müssen diese Informationen aber zusammengeführt werden. Das ist das „Bindungsproblem“. Wolf Singer beschreibt es so: Wenn in diesen drei Systemen zur selben Zeit Informationen verarbeitet werden, dann feuern die Nervenzellen synchron, zur gleichen Zeit. Auf diese Weise werden sie miteinander verbunden. Es gibt also verschiedene Theorien, wie dies geschieht. Doch da gibt es auch noch die Frage, wie wir das alles wahrnehmen, nachdem es zu der Verbindung gekommen ist. Das verstehen wir zur Zeit noch nicht.“

Scobel: „Gibt es Ihrer Ansicht nach zwischen menschlichen und tierischen Gehirnen keinen Unterschied?“

Kandel: „Oh, nein. Das würde ich so nicht sagen. Ich würde sagen, dass das menschliche Gehirn so viel größer ist, mit der Fähigkeit zur Sprache – all das, was wir emergente Eigenschaften nennen. Das sind neue Dimensionen der Komplexität. Mein Forschungsansatz – eine radikal reduktionistische Strategie – ist zur Erforschung des menschlichen Gehirns notwendig, aber nicht ausreichend. Dazu braucht es sehr viel mehr. Man braucht eine Logik, die es einem erlaubt, das komplexe System der Neuronen zu begreifen. Und wie beim Bindungsproblem braucht man Theoriemodelle, wenn es um Probleme dieser höheren Ordnung geht. Meine Arbeit hierbei ist unverzichtbar. Sie ist theoretisch fundiert, aber eine Theorie der mittleren Rangordnung. Man braucht aber komplexe Theorien. Man benötigt mathematische, computerunterstützte Modelle und deshalb werden zum ersten Mal Informatiker, Modellbauer und Bioinformatiker extrem wichtig in der Erforschung dieser Materie.“

Scobel: „Das verändert die Biologie?“

Kandel: „Es wird die Biologie dramatisch verändern! Ein Beispiel: Bis vor kurzem hatten wir hier an der Columbia Universität in der ziemlich renommierten Abteilung für Neurowissenschaft kein Computer-Team. Doch in den letzten drei, vier Jahren wurden Larry Abbott, Ken Miller und andere Computerexperten an die Columbia geholt. Diese Leute bewirkten enorme Veränderungen.“

Scobel: „Was werden die nächsten Schritte in den kommenden 10 Jahren sein?“

Kandel: „Der Schritt von der Meeresschnecke *Aplysia* zum menschlichen Gehirn – das war ein Scherz. Der Schritt von einfachen neuronalen Verschaltungen zur funktionalen Architektur komplexer neuronaler Schaltkreise zum genauen Wie der Informationsverarbeitung – das ist der nächste große Schritt. Wie wir das für das Gehen nötige motorische Gleichgewicht erzeugen, wie den Gebrauch der Sprache und der Nahrungsaufnahme – diese komplexen Verhaltensformen und wie genau sie erzeugt werden, das ist der nächste Punkt auf der Agenda.“

Scobel: „Wenn wir damit Erfolg haben werden - und das wird eine sehr interdisziplinärer Zugang sein - glauben Sie, dass die Art und Weise, wie wir uns gegenseitig sehen, verändert wird? Wie wir uns als Menschen sehen?“

Kandel: „Ja. Wissen Sie, diesen Sprung habe ich schon vor einiger Zeit gemacht. Ich glaube nicht, dass das Verstehen der Neuropsychiatrie meine Haltung verändern wird.

Ich vertrete eine ausgeprägt biologische Sichtweise der geistigen Prozesse eines Menschen, aber natürlich werde ich dadurch noch genauer verstehen, was die biologische Basis ist. Zum Beispiel: Vor kurzem wurden einige großartige Entdeckungen über Spiegelneuronen von einem italienischen Labor veröffentlicht - Giacomo Rizzolatti -, die Aufsehen erregend sind.

Wenn ein Affe eine Frucht aufhebt und in den Mund steckt, feuern ganz bestimmte Neuronen in dessen Gehirn. Wenn Sie jetzt das Gleiche tun, dann feuern bei Ihnen dieselben Neuronen – und beim Affen ebenso. Das heißt, dass diese Neuronen nicht

nur beim tatsächlichen Akt feuern, sondern auch bei der Nachahmung, der Erwartung des Akts. Dies geschieht in einem bestimmten Bereich: dem motorischen System. Dies ist aus zweierlei Sicht interessant: Zum Einen ist das motorische System an den kognitiven Aspekten von Verhalten beteiligt – Nummer eins. Nummer zwei: Im Gehirn gibt es einen Mechanismus für Empathie, für das Einfühlungsvermögen in die Handlungsweisen eines anderen Menschen. Nachahmung. Vielleicht ist Autismus eine Störung, durch die ich nicht wahrnehmen kann, was in einem anderen Menschen vorgeht - ein Fehler in diesem Mechanismus. Das hat viele Auswirkungen, z.B. auf die Aneignung der Sprache - oder wie Kinder ihre Mütter betrachten. Vielleicht nutzen Kinder – die Mundbewegungen ihrer Mütter beobachtend – einen solchen Mechanismus zur Entwicklung ihrer Babysprache, dem ersten Sprachgebrauch. Viele Dinge können aus diesem Mechanismus resultieren. Das Erforschen von Prozessen dieser höheren Ordnung wird die Aufgabe der nächsten 10, 20 Jahre sein.“

Scobel: „Vielen Dank für dieses Gespräch.“

Kandel: „Es war mir ein Vergnügen.“