

Träumen, Denken – Traumdenken

Der Mensch steht im ständigen Wechsel von Wachheit und Schlaf, von äusseren Einflüssen und innerer Realität. Wenn er träumt, filtert sein Gehirn die neuen Informationen und koppelt sie mit bereits vorhandenem Wissen, dem Gedächtnis. Während des Schlafes hat das Gehirn Zugriff auf Erinnerungen von Ereignissen und kognitiv-emotionalen Strategien, die während früherer Entwicklungsstufen erworben und kreiert wurden. Dies erlaubt uns, Emotionen grosszügiger zu verarbeiten.

VON MARTHA KOUKKOU UND
DIETRICH LEHMANN

Natürlich weiss jeder, was ein Traum ist, wir träumen ja alle. Man sagt, Träume seien bizarr und wirklichkeitsfern. Es liegt aber nahe, dass bizarre Träume einfach besser erinnert werden und mehr zu reden geben als triviale Träume. In repräsentativen Sammlungen haben Träume eine vorwiegend triviale Charakteristik und bringen «Tagesreste» hervor. Da man jedoch davon ausgeht, dass Träume lediglich Erinnerungen beim Wecken aus dem Schlafstadium REM, nicht aber beim Wecken aus anderen Schlafstadien sind, beschäftigten sich viele Traummodelle ausschliesslich mit der REM-Schlafphysiologie. Die Traumerinnerung ist zwar besser nach dem Wecken aus

REM, aber komplette und bizarre Träume werden auch schon beim Wecken kurz nach dem Einschlafen erinnert, lange vor jeder REM-Phase.

Man teilt den Schlaf auf Grund der Hirnstrommuster (der hirnelektrischen Aktivitätskurven, des Elektro-Enzephalogramms = EEG) und anderer physiologischer Merkmale in Stadien ein. Grob unterteilt gibt es Stadien mit schnelleren und mit langsameren EEG-Wellen, die sich in einer etwa 90-Minuten-Periodik wiederholen. Ab der zweiten Periode gibt es im Schlaf mit schnelleren EEG-Wellen auch rasche Augenbewegungen, die Rapid Eye Movements (REM).

Wir betrachten die subjektiven Erlebnisse im Schlaf ohne Vorauswahl, wie schon Aristoteles: «Träumen ist Denken im Schlaf», kognitiv-emotionale Mentation im Schlaf. Ein komprehensives Modell der Traumentstehung muss alle Qualitäten der Träume behandeln. Träume sind nicht nur anders als das, was als «Wachdenken» Erwachsener sozial akzeptiert ist, nämlich schwer erinnerbar, diskontinuierlich, ohne Realitätskontrolle («bizarr»), visualisierend und ohne Selbstreflektion des Bewusstseins; sie sind auch oft, wie gesagt, dem Wachdenken sehr nahe.

Interaktion zwischen Wachheit und Schlaf

Theorien über Traumentstehung entwickelten sich parallel zu Theorien über andere menschliche Erfahrungen: von aussen gelenkten, durch fremde Agenten eingegebenen, zu innen gesteuerten, im Hirn des Träumers entstandenen Konstrukten. Traum ist Hirnarbeit. Hirnarbeit ist Bearbeitung und – durch Kombinationen – Neugenerierung von Information. Das Hirn ist ein selbstorganisierendes, lernendes System. Das von ihm kontrollier-

te Verhalten wird durch die individuelle Biographie entwickelt. Durch externe oder interne Signale ausgelöst, werden Erfahrungen im Hirn generiert und, wenn angebracht, interpretierend nach aussen projiziert. Nicht alle Projektionen nach aussen sind berechtigt und wirksam: Bestrafung des Überbringers schlechter Nachrichten lohnt nicht; eine wichtige Quelle falschen Verhaltens ist unangebrachte Projektion.

Das Hirn arbeitet wachend und schlafend immer mit den gleichen Grundregeln, nämlich: (1) dauernd: Auch aus dem Schlaf ist man durch wichtige Information selektiv weckbar, zum Beispiel im legendären «Ammenschlaf»; (2) zustandsabhängig: Der funktionelle Hirnzustand und damit Denken, Emotionen und Handlungen sind anders im Schlaf als im Wachen, anders beim Kind als beim Erwachsenen, anders unter Drogen als nüchtern; (3) schnell: In Sekundenbruchteilen werden neue Gedanken gefasst, Emotionen erlebt, reagiert; (4) parallel für präattentive und automatische Bearbeitungsfunktionen, sequentiell für bewusste Bearbeitungsschritte und (5) in kleinen zeitlichen «Paketen» gequantelt.

Menschliches Verhalten entsteht aus der ständigen dynamischen Interaktion mit den externen und internen Realitäten während Wachheit und Schlaf; es wird durch die Funktionen des Gehirns generiert, die Informationen verarbeitenden Hirnprozesse. Sie kreieren ständig ein multimodales und multidimensionales neuronales Modell der jeweiligen externen und internen Realitäten durch Interaktion zwischen neuen Informationen und dem momentan zugänglichen, früher erworbenen und kreierte Wissen. Dies ist der aktivierte Teil des neuronalen Netzwerks, gleichgesetzt mit dem im EEG

Prof. Dr. med. Martha Koukkou ist Psychiaterin und Neurophysiologin. Sie lehrt an den Universitäten Bern und Zürich und arbeitet über Gehirn und Verhalten am Universitätsspital für Klinische Psychiatrie in Bern.
Prof. Dr. med. Dietrich Lehmann arbeitet am KEY Institute for Brain-Mind Research, Psychiatrische Universitätsklinik in Zürich, und im Psychophysiologie-Labor, Institut für Grenzgebiete der Psychologie in Freiburg i. B., Deutschland

keine Seite 33

messbaren funktionellen Hirnzustand und dem Inhalt des Arbeitsgedächtnisses. Die Informationsbewertung extrahiert die individuelle momentane Bedeutung der Information im Lichte des momentanen Inhalts des Arbeitsgedächtnisses, gefolgt von der Selektion und Initiation der nötigen und verfügbaren kognitiv-emotionalen Strategien und damit der funktionellen Adaptation des Verhaltens (Gedanken, Entscheidungen, Emotionen, Vorstellungen, Handlungen). Dieses Resultat wird intern und extern rückgekoppelt und ist zusammen mit neu ankommender Information Input für den nächsten Zyklus. Alle Funktionen sind biographie- und kontextgesteuert und reflektieren die Menge und Qualität des individuellen Wissens. Es ist zu betonen, dass lebende Systeme wie der Mensch Information aktiv durch Suchstrategien beschaffen.

Funktionelle Hirnzustände

Die Schlüsselrolle für alle Hirnarbeit hat der momentane funktionelle Hirnzustand. In jedem Alter und Moment wird seine Variationsbreite definiert durch die Vigilanz und den metabolischen, hormonellen und Transmittoren-Zustand. Altersabhängig ist die Zunahme der Vernetzung in den kortikalen Gebieten (Synapsen, Dendriten, Myelinisierung). Sie entspricht der Zunahme der Gedächtnisrepräsentationen, der Bildung des assoziativen Gedächtnisses und der Komplexität der assoziativen Verbindungen. Auf einer Skala von weniger zu mehr Organisationshöhe kann der momentane funktionelle Zustand weniger komplex (z. B. Wachheit in der Kindheit; Schlaf) oder mehr komplex (z. B. Wachheit des Erwachsenen; Aufmerksamkeit) sein.

Der momentane funktionelle Zustand definiert also die Kom-

plexität des momentan aktivierten Arbeitsgedächtnisses und damit den optimalen Zugang zum zustandszugeordneten Teil des Langzeitgedächtnisses mit den dort verfügbaren biographie-generierten Informationen und Bearbeitungsstrategien. Durch den momentanen Zustand wird so ein bestimmter kognitiv-emotionaler und Verhaltensstil verfügbar: der momentane funktionelle Zustand bestimmt das Schicksal der zu bearbeitenden Information. Information wird ständig bearbeitet.

Die wissensgesteuerten Informationen verarbeitenden Hirnprozesse adaptieren laufend den momentanen funktionellen Zustand und damit das Arbeitsgedächtnis: Wenn die nicht bewussten, automatischen und parallel laufenden «präattentiven Analysen» wichtige oder neue Informationen erkennen, wird ein höheres Komplexitätsniveau eingestellt – im Schlaf gegebenenfalls bis zum Erwachen. Wichtige Information wird auch in der eigenen Erinnerung gefunden: «Plötzlich lief es mir heiss den Rücken runter: Mir fiel ein...», und wichtige Information («neue Idee») kann auch aus vorher nicht zusammengehörenden erinnerten Informationen kreiert werden. Hingegen, wenn momentan unwichtige Information erkannt wird, bleibt der Zustand unverändert. Die Zustand-Herabregulierung geschieht zur geringst benötigten Komplexität, die jeden Augenblick neu bestimmt wird durch die präattentiven Analysen der gerade anstehenden Informationen.

Wirkung auf die Erinnerung

Der momentane Zustand führt zur Speicherung einer Erfahrung auf dem zustandszugehörigen Komplexitätsniveau des aktivierten neuronalen Netzwerks. Erinnerung ist optimal, wenn der gleiche Zustand wie bei Speicherung

besteht. Aus tiefer organisierten Hirnzuständen kann in höheren Komplexitätsebenen gespeicherte Information recht gut abgerufen werden. Umgekehrt ist dies jedoch nur aus benachbarten Komplexitätsniveaus möglich («Asymmetrie der Erinnerung»). Zum Beispiel erinnert man im Schlaf oft kürzlich Erlebtes (Tagesreste) und man kann Anweisungen folgen, die vor dem Einschlafen gegeben wurden. Umgekehrt dagegen ist während der Wachheit die Erinnerung an im Schlaf Erlebtes sehr schwierig, wie zum Beispiel an Träume oder an Erfahrungen beim Schlafwandeln (das im Nicht-REM-Schlaf geschieht). Ein anderes Beispiel ist die klassische Kindheitsamnesie, die Erinnerungslosigkeit für die frühe Kindheit. Die Erfahrungen wurden in einem für Erwachsenenwachheit zu wenig komplexen funktionellen Zustand gespeichert. Die asymmetrische Zustandsabhängigkeit der Erinnerung ist besonders auffallend im Stress, etwa im Examen: In Ruhe Gelerntes ist in Examensaufregung nicht erinnerbar, jedoch nach Examensende wieder verfügbar.

So macht auch Erhöhung des Komplexitätsniveaus – wegen der Asymmetrie der Erinnerung – genau das Erinnerungsmaterial, welches die Erhöhung verursachte, nicht mehr verfügbar zur weiteren Bearbeitung. Dies beschreibt die Psychoanalyse als «Verdrängung». Nach Entspannung im ungefährlichen Setting der Therapie kann es gelingen, das auf tieferem Niveau gespeicherte, alarmierende Material dem Wachbewusstsein zugänglich zu machen. Ein allwissender «Zensor» ist für Verdrängung nicht nötig: Die immer gleich arbeitenden präattentiven wissensgesteuerten und zustandsabhängigen Hirnmechanismen leisten die primäre Sortierung der Infor-



mation und Adjustierung des Zustandes. Dies führt zum Einspeisen der Information in den Bewusstseinskanal oder zur weiteren Bearbeitung in automatischen Modi und zum Öffnen oder Schliessen des Zugangs zu bestimmten Erinnerungsgebieten.

Wachheit und Schlaf

Der momentane funktionelle Zustand kann mit vielen Messparametern erfasst werden, z. B. Mapping der Hirndurchblutung oder Neurotransmitoren, Verhaltenswerten, und subjektiven Erfahrungen. Für kognitiv-emotionale Prozesse, die in Sekundenbruchteilen ablaufen, ist als Parameter das EEG besonders geeignet; es ist ohne Eingriff gefahrlos («nichtinvasiv») kontinuierlich messbar, bietet grösste Empfindlichkeit für Zustandsänderungen und hat die für Denk- und Emotionsstudien nötige hohe Zeitauflösung bis zu Millisekunden.

Das EEG wird primär in Wellenkurven dargestellt. Die Komplexität des momentanen Organisationsgrades des Hirns ist in erster Näherung durch die Zahl der EEG-Wellen pro Sekunde oder durch die Dimensionalität (Korrelationsdimension) reflektiert.

Das EEG reflektiert sehr empfindlich den Wachheitsgrad: Ein aufgeregter Erwachsener hat niedrige rasche Wellen, etwa 14 bis 20 pro Sekunde, bei Entspannung typisch etwa 10 Wellen pro Sekunde, im Einschlafstadium und später im REM treten langsamere (etwa 6 pro Sekunde) Wellen auf, und Tiefschlaf zeigt noch langsamere (etwa 3 pro Sekunde) Wellen.

Die dominante Wellenfrequenz des Wachheits-EEG verändert sich systematisch mit der Entwicklung, entsprechend der Zunahme der Komplexität der Vernetzung. Wache Neugeborene

haben viele sehr langsame EEG-Wellen, bei Kleinkindern dominieren etwa 4 bis 6 Wellen pro Sekunde. Mit der Entwicklung beschleunigt sich das EEG und ist mit etwa 20 Jahren – individuell recht verschieden – als Erwachsenen-EEG ausgebildet.

Das EEG zeigt also, dass während des Schlafs mehrfach Zyklen funktioneller Regression in Richtung auf einfachere Hirnfunktionsorganisation auftreten. Das Wach-EEG des Kindes entspricht etwa in dominanten Zügen dem Nicht-REM-Schlaf-EEG des Erwachsenen. Aus der Sicht der Zustandsabhängigkeit der Denkstrategien und Kontexterinnerungen geht also der Schläfer mehrfach in der Nacht durch seine Biographie.

Denkbausteine

Die periodisch mehrfach auftretenden Schlafstadien werden mittels der EEG-Kurven-Muster in Abschnitten von je 30 Sekunden klassifiziert. Genauere Prüfung zeigt innerhalb der 30 Sekunden-Abschnitte «spontane» Wechsel des funktionellen Zustandes. Dies ist natürlich, da Reaktionen auf Ereignisse, Denkschritte und neue Einfälle ja im Subsekundenbereich ablaufen. Segmentierung, basierend auf stabilen hirnelektrischen Potentiallandschaften, identifiziert Mikrozustände, die typisch 80 bis 250 Millisekunden dauern. Verschiedene Potentialverteilungen müssen durch Aktivität verschiedener Populationen von Hirnnervenzellen produziert worden sein, demnach wohl verschiedene Funktionen ausführen. Die Mikrozustände könnten also das Alphabet des Denkens sein, seine Bausteine. Dies wurde in Tagtraumsituationen bestätigt: Versuchspersonen hatten signifikant verschiedene hirnelektrische Landschaften vor Berichten visueller Erinnerungen und abstrakter Gedanken. Demnach können

Mikrozustände einzelnen Gedanken entsprechen, könnten «Atome des Denkens» sein; der «Strom des Bewusstseins» besteht aus trennbaren Mikrobausteinen.

Modell der Traumentstehung

Das Modell betrachtet die funktionellen Zustände im Schlaf des Erwachsenen als funktionelle Regressionen der Hirnorganisation auf weniger komplexe, kindheitsverwandte Niveaus, nicht wegen entwicklungsbedingten strukturellen Beschränkungen wie beim Kind (Synapsendichte), sondern durch funktionelle Veränderungen der Verschaltung. Die vielen kurzen Wechsel des Zustands geben im Schlaf durch die Zustandsabhängigkeit aller Hirnarbeit wiederholt die Aktivierung älterer Gedächtnisrepräsentationen mit ihren biographiebedingten Fakten und Bearbeitungsstrategien frei. Das Arbeitsgedächtnis hat so multiple selektive Fenster zum Langzeitgedächtnis, die im Schlaf breiter sind als im Wachen (Erinnerungsasymmetrie). Fenster zu niedriger organisierten Niveaus erlauben, die asymmetrisch abrufbaren neueren Erfahrungen im Lichte früherer, weniger stringenter kindheitsähnlicher Strategien zu bearbeiten und mit älteren Erfahrungen zu vergleichen. Gleichermassen ist in diesen weniger komplexen funktionell veränderten Zuständen mit langsamen EEG-Wellen die Rekursivität des erwachsenen Bewusstseins eingeschränkt, vergleichbar der Kindheit.

Dass die klassischen EEG-Schlafstadien während des Schlafs etwa periodisch wiederkehren, impliziert gemäss unseren obigen Überlegungen eine vorgegebene Gedächtnisdurchsuchung; die Grobsuche wird massiv modifiziert durch die sehr grosse Zahl laufender kleinerer Anpassungen des funktionellen Zustandes (Update des Arbeits-

gedächtnisses) an die jeweiligen Bedürfnisse und an die biographiebasierte Relevanz der Information. Die individuelle Biographie ist entscheidend: Erinnerung an Berge z. B. kann begeisternd oder unerfreulich sein.

Die zahlreichen Anpassungen des funktionellen Zustands und die Asymmetrie der Erinnerung erklären sowohl die «klassischen» als auch die trivialen Charakteristika der Träume: (1) Die Diskontinuität der Traum-erlebnisse; immer wieder andere «Speicherorte» bringen andere Informationen und Strategien. (2) Die Realitätsferne etlicher neuer Konstrukte wird durch die kindheitsähnlichen Strategien erklärt; da diese regrediierten Strategien aber in einem erwachsenen Hirn reimplementiert werden, ist kein identisches Resultat zu erwarten. (3) Die Schwererinnerbarkeit ist durch zustandsabhängige, asymmetrische Erinnerung bedingt: REM-Schlaf mit seinen schnellen EEG-Wellen gibt als wachheitsnächster funktioneller Zustand die besten Voraussetzungen für Erinnerung in Wachheit; aber auch in Nicht-REM-Stadien gibt es viele Episoden mit schnellen Wellen, die Möglichkeit für Wacherinnerung schaffen. (4) Die visuelle Charakteristik der Träume entspricht weniger komplexen Zuständen, wie sie bei wachen Kleinkindern mit ihren eidetischen Talenten beobachtet werden. (5) Die fehlende Selbst-reflexion des Erlebens dürfte der frühkindlichen Selbsterfahrung entsprechen.

Zweck der Träume

Die Frage nach dem Zweck der Träume ist verschränkt mit der Frage nach dem Zweck des Schlafes. Projizierende Theorien über

den Zweck der Träume sind selbstzentrierten und selbst organisierten Konzepten gewichen.

Freud meinte, dass Träumen den Zweck hat, den Schlaf zu hüten, indem störende, aber nicht gefährliche Aussen- und Inneninformationen «traumartig» umgestaltet und so entschärft werden. Der Schlaferhaltungsmechanismus wurde mehrfach mit Darbietung von Ausseninformation experimentell nachgewiesen. Die bedeutungsgetriebene selektive Ausblendung oder aber Akzeptanz der Stimuli, zum Beispiel präferentielles Erwachen auf eigenen Namen, kann in der Tat nicht mit genereller Erhöhung oder Erniedrigung der Weckschwelle erreicht werden.

Unser Zustandswechselmodell der Traumentstehung passt zu den Überlegungen über den Zweck des Schlafes, welche die Restaurierung der synthetisierenden Hirnfunktionen und die Reorganisation des Wissens (Problemlösung) betont haben (adaptive Funktionen). Die EEG-Veränderungen im Schlaf reflektieren die dynamische Adaptation der Hirnfunktion an die Notwendigkeiten der restaurativen und adaptiven Schlaffunktionen. Die Abfolge der Nicht-REM- und der REM-Schlafstadien ist ein inneres Grundprogramm, womit (1) Veränderungen (im Vergleich mit Wachheit: Abnahme) des funktionellen Komplexitätsniveaus stattfinden, auf dem die Erinnerungen aktivierbar sind, und womit (2) wiederkehrend ein funktioneller Hirnzustand installiert wird, das REM-Stadium, dessen EEG-Charakteristika beim Erwachsenen am ähnlichsten dem Wachheits-EEG sind und daher Erinnerung in Wachheit begünstigen. Innerhalb dieses

Grundprogramms kommt es zu vielen kleineren und grösseren Zustandswechseln als Resultat der dauernden Informationsverarbeitung. Auch bleibt während des Schlafes immer die Möglichkeit, Erinnerungen in höheren Komplexitätsniveaus zu aktivieren durch die Asymmetrie der zustandsabhängigen Erinnerung, wie das bei Tagesresten und beim Befolgen von Präschlafinstruktionen im Traum zu sehen ist.

Die vielfachen Regressionen der Hirnfunktionsweise während des Schlafes erlauben also Zugriff auf Erinnerungen von Ereignissen und kognitiv-emotionalen Strategien, die während früherer Entwicklungsstufen erworben und kreiert wurden und die jetzt im Schlaf von den vom Gedächtnis gesteuerten Informationen verarbeitenden Hirnprozessen benutzt werden können. Die Wiederaufnahme kognitiv-emotionaler Strategien der Kindheit im Schlaf ermöglicht, neue Assoziationen und frische Erinnerungen mit der gleichen «Grosszügigkeit» zu behandeln, mit der ein Kind Phantasien und Realitäten in der Wachheit behandelt, und somit frische Einfälle bereitzustellen, die besonders gut aus dem REM-Stadium rememberbar werden.

LITERATUR

- Borbély A. (1987): Das Geheimnis des Schlafes. München: DTV.
- Koukkou M., Leuzinger-Bohleber M., Mertens W. (Hrsg.) (1998): Erinnerungen von Wirklichkeiten. Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog, Bd. 1. Stuttgart: Verlag Int. Psychoanalyse VIP.
- Lehmann D. et al. (1998): Brain electric microstates and momentary conscious mind states. Int J Psychophysiol 29, 1-11.
- Strauch I. & Meier B. (1992): Den Träumen auf der Spur. Bern: Huber.

Borbély