

---

**Einleitung zum Vortrag von Herrn Prof. Jeanmonod  
«Hirnrhythmen in Gesundheit und bei Krankheit»**

VON

Bruno Fricker, dipl. Physiker ETH

Präsident der Schweiz. Fördergesellschaft der Psychofonie<sup>1</sup>

Psychofonie-Symposium 2000 in Zürich am 25. Januar 2001

Liebe Zuhörerinnen und Zuhörer, Sie haben sich entschlossen, Ihren heutigen Abend mit uns zu verbringen. Wir möchten Ihnen dafür danken. Neurowissenschaft gehört zweifellos zu den interessantesten Themen, weil sie trotz aller Forschungstätigkeit und einer beispiellosen Anhäufung von Wissen noch weitgehend unerforscht ist. Das unbekannte Universum in unserem Kopf hat bisher dem interdisziplinären Angriff widerstanden. Die entscheidende Frage, diejenige nach der Natur des Geistes und des Bewusstseins, ist ungelöst. Damit ist aber das Alltägliche, nämlich warum Sie sich heute so und morgen anders fühlen, unbeantwortet. Das hat für viele Kranke einschneidende Folgen: sie können nicht angemessen behandelt werden. Denn es ist ja nicht die Krankheit, die das Leben zur Hölle machen kann, sondern das subjektive Leiden. So kommt es, dass man schwer krank sein kann, und sich ganz passabel fühlt; oder man ist organisch gesund, und doch erlebt man die schlimmsten Zustände, etwa in einer Migräne oder in einer Panikattacke oder unter Tinnitus-Stress.

Wenn Betroffene darüber klagen, kehre ich manchmal den Spiess um und gebe zu bedenken: eigentlich ist das schmerzfreie, verarbeitungsfähige und mit angenehmen Gefühlen einhergehende Bewusstsein die Ausnahme, ja das eigentliche Wunder. Wer den Zusammenbruch dieser höchsten Lebensäusserung erleidet, sieht, dass es da im Kopf drin höchst chaotisch zu und her geht. Die heitere Ruhe eines hellwachen Menschen mit einem sich selbst bewussten Geist ist eine Täuschung. Sie ist zumindest überhaupt nicht selbstverständlich.

Umso mehr erstaunt es, dass sich die Bewusstseins-Forscher oft wie Rufer in der Wüste vorkommen müssen. Es gibt so etwas wie eine Scheu vor dieser für alle entscheidenden Frage, die man als **Frage nach der «cerebralen Vigilanz»** bezeichnen könnte. Obgleich das nichts mit Gehirnwäsche oder Manipulation zu tun hat, fürchtet man vielleicht doch den Verlust des «Ich», wenn man sich hier zu sehr einlässt. In der Tat ist das Ich eine sehr schillernde und oftmals gefährdete Grösse. Und sie ist bereits auf dem Konsum-, Werbungs- und Vergnügungsmarkt hart umkämpft. Es ist deshalb falsch, wenn die Wissenschaft dieses Thema nicht aufgreift. Umso mehr, als die Pharmazie, trotz aller Bemühungen, die Glückspille noch nicht erfunden hat. Es ist nun an der Zeit, dass die Neurowissenschaft sozusagen die Software im Kopf ins Zentrum ihrer Bemühungen stellt. An der Frage der zentralen Integration kommt sie nicht mehr vorbei.

Das kann man auch an den **Nobelpreisen** für Medizin sehen, die sich erstmals der systemischen Sichtweise annähern. Immerhin hat man im Jahr 2000 erstmals die Erforschung der Neuroplastizität, also des Werdens und Vergehens von Nervenverbindungen, der sog. Synapsen, prämiert<sup>2</sup>. Wir sind dann nicht mehr weit vom EEG entfernt.

---

<sup>1</sup> Sekretariat, Brunnenmoosstr. 7, 8802 Kilchberg, Tel.044-7155427, Fax.044-7155447, bruno.fricker@spectralab.ch

<sup>2</sup> Eric R. Kandel, University Professor, Center for Neurobiology & Behavior, Departments of Biochemistry & Molecular Biophysics, Physiology & Cellular Biophysics, and Psychiatry and the Howard Hughes Medical Institute. This laboratory is studying the molecular mechanisms of the long-term synaptic changes related to learning in both invertebrates and mammals using the *Aplysia* nervous system and hippocampus.

Wir haben, seit wir uns mit Psychofonie befassen, als Grundlage erkannt, dass eng verwoben mit der eigenen Befindlichkeit gewisse Hirnrhythmen sich einstellen. Im **Hirn** gibt es so etwas wie **ein Sinfonieorchester**<sup>3</sup>. Ja das Hirn in seinen höheren Funktionen ist nichts anderes als dieses Orchester, ein Orchester freilich, dass man sich nicht gross genug vorstellen kann. Der Zustand heiterer Gelassenheit ist, wenn Sie wollen, der perfekte Zusammenklang. Dank einem genialen Dirigenten, der kein Instrument, und sei es noch so unscheinbar, ausser Acht lässt. Das Orchester ist im übrigen nie still, die Instrumente sind dazu verdammt, unablässig Töne von sich zu geben. Und wehe dem Dirigenten, der die Kontrolle verliert: er wird ein infernalisches Spektakel veranstalten. So wie an der Streetparade, die Menschenmassen dank unüberhörbarer rhythmischer Pacemaker im Zaum gehalten werden, **sonic driving** möchte man sagen, sorgt auch das Gehirn für Ruhe und Ordnung unter der Kontrolle elektrischer Rhythmen.

### **Psychofonie, was geschieht denn da?**

Der bei unserem neuen Therapieverfahren entscheidende Punkt ist, wie man diese Hirnrhythmen in Form von EEG-Wellen bzw. EEG-Mustern in hörbaren Schall überführen kann, um die bei Psychofonie beobachteten Heilwirkungen hervorzurufen. Lassen Sie mich kurz sagen, was das EEG ist.

Das **Elektroenzephalogramm** ist ein schwaches elektrisches Wechselspannungs-Signal, welches man mit Elektroden an der Kopfoberfläche ableitet und millionenfach verstärkt. Das passiert in jedem EEG-Schreiber und ist eine seit 50 Jahren etablierte neurologische Untersuchungsmethode. Statt auf den Schreiber kann man die Schwankungen direkt auf den Lautsprecher leiten. Dessen Membran wird sich im Takt der EEG-Wellen bewegen. Leider hört man aber praktisch nichts, weil dabei hauptsächlich Schwingungen unter 20 Hertz (<20 Schwingungen pro Sekunde) entstehen.

Einzelne Autoren kamen schon früh auf die Idee, das langsame Schwankungssignal heraufzumischen. Das ist eine aus der Rundfunktechnik bekannte mathematische Methode, eigentlich eine Multiplikation mit einer gleichförmigen Sinuswelle: Es entsteht ein hörbares Schallsignal, wie wenn eine Schallplatte schneller läuft. Viele EEG-Geräte bieten direkt ein solches Audiosignal an, womit man die **EEG-Kurven "mithören"** kann. Das tönt wie ein Wasserfall aus der Ferne, je nachdem eine Art Rauschen, Murmeln, Donnern oder Zischen. Auf jeden Fall sehr ungleichförmig, da das EEG-Wellengemisch sich rasch verändern kann. Und überhaupt nicht schön und schon gar nicht musikalisch. Von Klängen gibt es dabei kaum eine Spur. Dieses Signal kann höchstens erschrecken und wäre für eine Therapie total ungeeignet.

Dennoch hat man damit schon epileptische Anfälle ausgelöst, so bei einem in der Klinik zufällig arbeitenden Handwerker, der das EEG eines epileptischen Anfalls unfreiwillig mithören musste. Es war der erste Anfall dieses Handwerkers, der zusammenbrach und im Gang am Boden lag. Offensichtlich lag in diesen Schallwellen, die eigentlich Hirnrhythmen waren, eine **rück-synchronisierende Kraft über das Gehör**, welches bekanntlich mitten ins Gehirn führt. (Dies ist ein zweites Beispiel für «sonic driving». Ich habe es von einem bekannten Epilepsieforscher und Professor an der Universität Zürich.)

Unsere **Arbeit im Psychofonie-Labors** besteht nun darin, natürliche EEG-Wellen in musikalische Noten überzuführen, die ihrerseits in der Tonlage und Rhythmik ein angenehmes Klangmuster bzw. eine erfrischende Tonfolge ergeben. Es musste eine mathematische Formel

---

<sup>3</sup> Vgl. den Bestseller von Jim Robbins: *A Symphony in the Brain*. Atlantic Monthly Press, New York, 2000. ISBN 0-87113-807-7.

---

gefunden werden, wie man die Wellenschwankungen des sehr ungleichmässigen, ständig zu Ausbrüchen neigenden (engl. Burst) EEGs in auf und ab tanzenden Noten (auf der Notenlinie gemeint) und in schwankende Notenwerte (1/16, 1/8, 1/4, halbe und ganze Noten) umsetzen kann. Das Resultat muss nicht nur hörbar sein, sondern als angenehm empfunden werden. Damit daraus optimale Heileffekte entstehen, darf die «Schwankungsbotschaft» des Quellensignals (EEG) aber nicht verloren gehen. Sie muss in den Noten codiert sein.

Bekanntlich ist es unsere Arbeits-Grundlage, das **EEG nur aus einem schmerzfreien Kopf** abzuleiten. Der Patient muss sich also in einer möglichst leidensfreien, vigilanten Phase befinden. Im EEG drückt sich diese momentane Befindlichkeit unmittelbar aus<sup>4</sup>.

Wie sie sich ausprägt, ist aber von Mensch zu Mensch sehr verschieden. Dieses EEG aus guten Tagen wird dann in schlechten Tagen noch und noch abgehört und bewirkt eine langsame, aber nachhaltige und schlussendlich sehr deutliche Veränderung der durchschnittlichen Befindlichkeit bis hin zu Schmerzfreiheit von ehemals schwerst Leidenden. Psychologen würden von **operanter Konditionierung** sprechen, einer Art von Bewusstseins-Training also, was allerdings ganz ohne Anstrengung geschehen kann.

Wie jedes Jahr ist an der GV der Fördergesellschaft der Psychofonie ein aussenstehender Referent eingeladen, der etwas zu unserer Therapie zu sagen hat. Das ist im weitesten Sinne gemeint. Wir wollen eines vermeiden: Nabelschau. So haben wir unser GV-Fenster immer weit geöffnet, letztes Jahr mit Professor h.c. Joachim-Ernst Berendt, dem grossen Musik-Philosophen. Heute mit **Professor Dr. Daniel Jeanmonod** von der Universität Zürich. Er leitet das auch von der ETH unterstützte Labor für funktionelle Neurochirurgie. Er spricht heute zum Thema «Hirnrhythmen in Gesundheit und bei Krankheit». Ich bin fasziniert, hier einem leidenschaftlichen Hirnforscher und Chirurgen begegnen zu dürfen, der nicht nur die Anatomie durch das Skalpell kennt, sondern die Anatomie des Bewusstseins sozusagen, der durch hirnelektrische Messungen in den basalen Kerngebieten und insbesondere im Thalamus den Lebensvorgängen auf der Bewusstseinssebene wie kein Zweiter auf der Spur ist. Er ist also auch ein «Softwarespezialist», ich meine die «Software», die wir in unserem Gehirn haben und die zwischen Hirnrinde und Mittelhirn als sinfonisches Gewitter auf und ab pulsiert. Dieses Thema der Funktionsweise der sogenannten thalamo-kortikalen Schleifen bzw. Resonatoren ist für den Fortschritt der Hirn- und Bewusstseinsforschung absolut zentral. Es wird in den kommenden Jahren noch viel von sich reden machen.

Damit spricht Herr Professor Jeanmonod über die neurophysiologischen Grundlagen auch unserer Therapie, der Psychofonie.

---

<sup>4</sup> Vgl. B. Fricker: *Das EEG und seine Vigilanz*. Vortrag an der Jahrestagung 1996 der Schweiz. Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie. Das EEG wird in einem PC spektral zerlegt. Die Spektren zeigen die Anteile der reinen Sinusschwingungen im momentanen Gesamtsignal EEG. Sie könne das mit der bekannten Zerlegung des Lichts in seine Spektralfarben mittels eines Glasprismas verstehen. Einer abnehmenden Vigilanz, also einer zunehmenden Vernebelung des Bewusstseins entspricht eine Verschiebung des Frequenzmaximums nach links in Richtung langsamerer  $\theta$  Schwingungen. Es gibt EEG-Schwankungen der Vigilanz in Sekundebruchteilen, wie man an der Psychiatrischen Klinik der Uni-Bern erst kürzlich wieder nachgewiesen hat. Das Bewusstsein ist kein Kontinuum, sondern eine Kette verknüpfter Wahrnehmungselemente. Mit Unterbrüchen ist jederzeit zu rechnen.

## Hirnrhythmen in Gesundheit und Krankheit

Gastvortrag von Herrn

**Professor Dr. med. Daniel Jeanmonod**

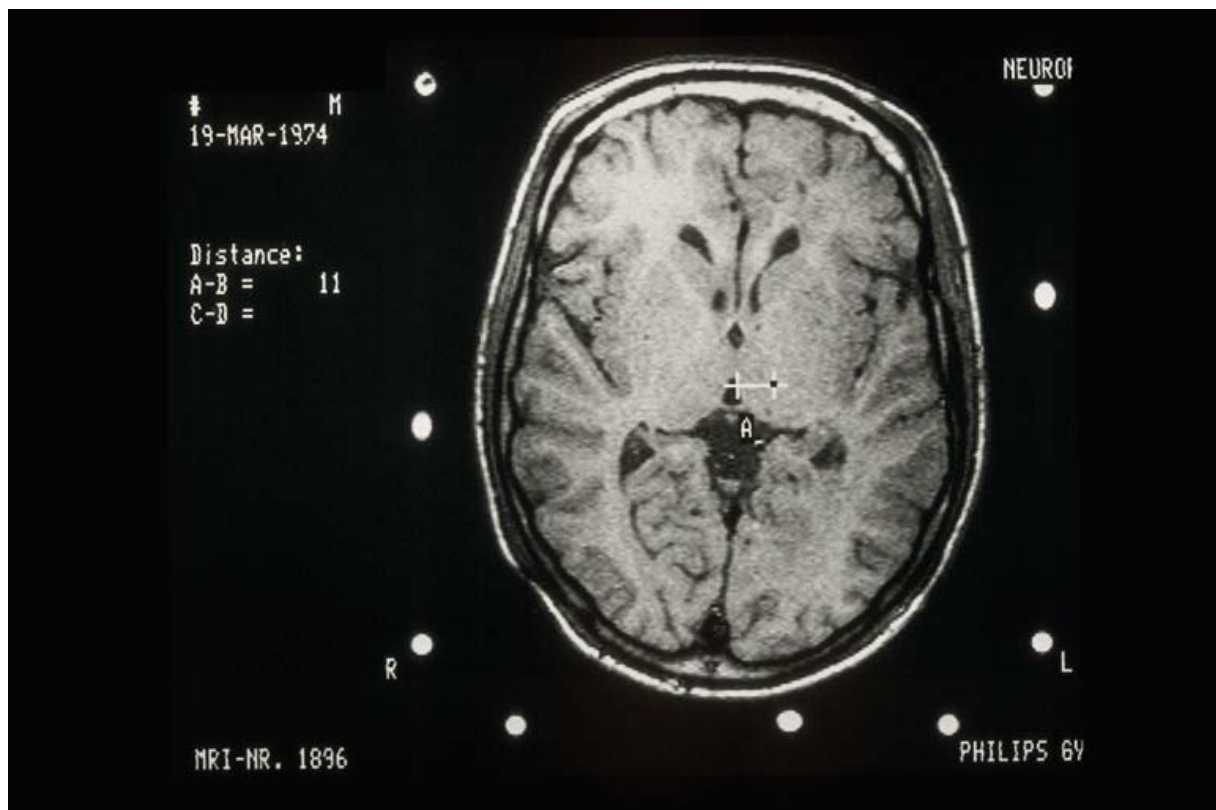
Zentrum für Neurowissenschaften, ETH- und UNI-Zürich

Labor für funktionelle Neurochirurgie

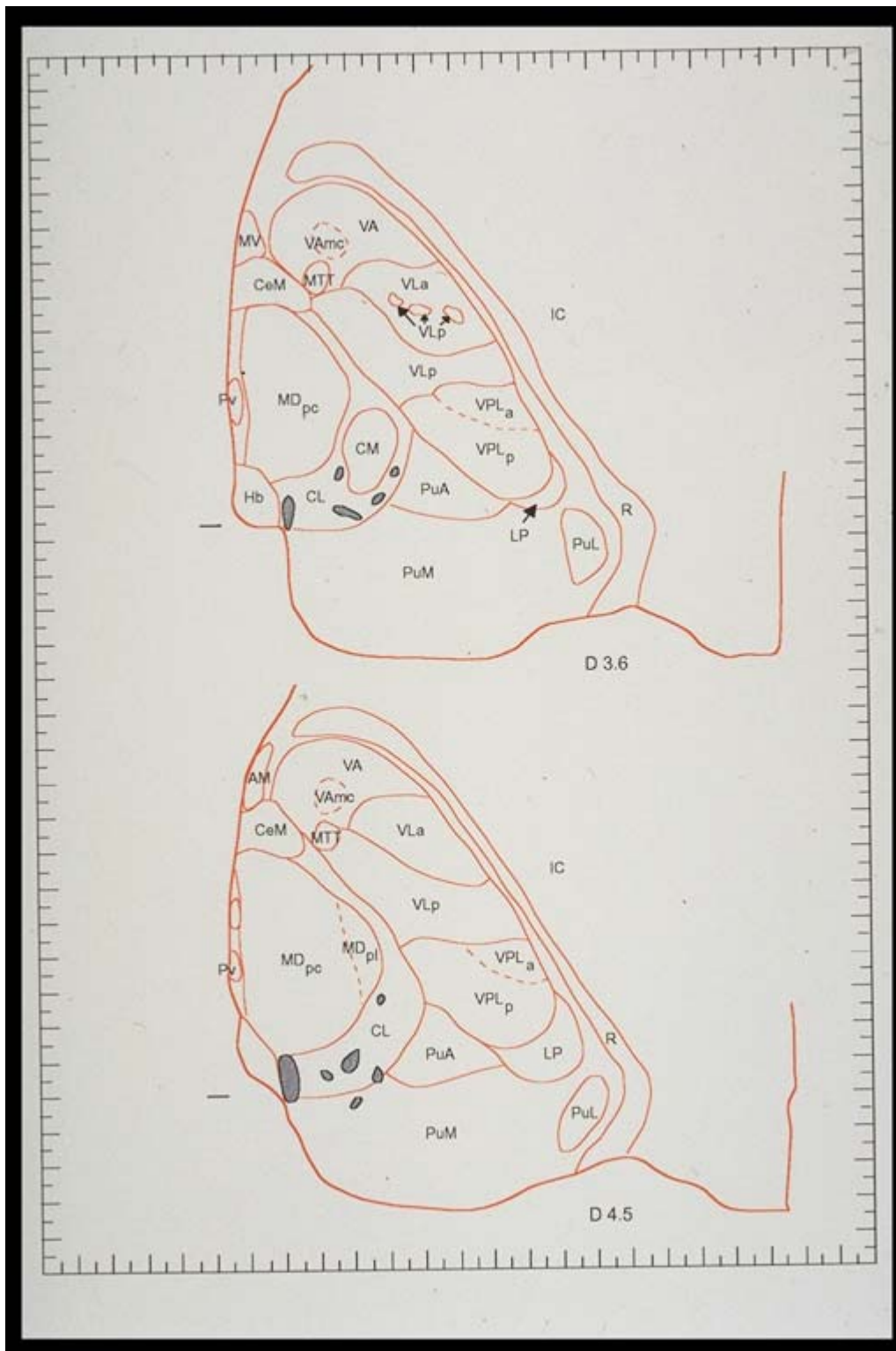
Departement Neurochirurgie des Universitätsspitals Zürich

(Abschrift des frei gesprochenen Vortrags)

Die Neurowissenschaft geht nicht nur ins Systemische, in die Netzwerke, hinein, sie hat auch realisiert, wie wichtig Rhythmen sind. Viele von uns verstehen das Gehirn nur wie einen Computer. Dies ist sicher ein Teil der Realität, aber es reicht nicht aus. Wie Sie sehen werden, kann man das Gehirn auch wie ein Herz anschauen. Mit einem Herz kann man nichts anfangen ohne einen Rhythmus. Die Idee ist, dass es sich mit dem Gehirn gleich verhält. Es gibt keine Funktion, die herauskommt, ohne dass ein Rhythmus adäquat eingestellt wird. Und die Partner für diese Rhythmizität, die zweifellos auch in Aktion sind bei der Technik der Psychofonie, wollen wir nun anschauen. Wir sehen hinein, wie es uns zur normalen Funktion und auch zu pathologischen Zuständen führt.



Das erste Dia zeigt Ihnen die Partner unserer heutigen Diskussion: Thalamus und Rinde. Die Rinde kennen Sie alle. Das ist ein Schnitt hier axial im menschlichen Gehirn. Da sehen Sie überall gefaltet die Temporalrinde und Frontalrinde zum Beispiel. Sie sehen diese runde Struktur in der Tiefe der Hemisphäre, genau in der Mitte, das ist der Thalamus. Wir sprechen von Zellansammlungen im Thalamus und in der Rinde. Diese sind in der Rinde als Fläche organisiert; im Thalamus ist das rund organisiert als Kern. Es handelt sich immer um Zellen und Fasern, die zwischen den Zellen liegen.



Dia: Ein Schnitt von unserem Atlas des menschlichen Thalamus. Wir benützen diese Atlas-schnitte zum operieren. Es ist ein millimetergenaues 3dimensionales Bild, wo wir jeden Ziel-punkt bestimmen können. Obgleich dies nur der Thalamus ist, die Rinde käme noch rundher-um dazu, sehen Sie bereits, wie komplex dieser Kern ist. Zusammenfassend und ohne in die Details zu gehen, die im Moment unwichtig sind, gibt es im Thalamus für alle Funktionen je ein Gruppe von Zellen, die sich mit einem Teil der Rinde verbinden. Das besteht für motori-sche Funktionen, für alle Afferenzen wie Hören, Sehen, Fühlen usw., und für interne Funktio-

nen wie Gedanken und Emotionen. Es besteht immer für jede Funktion diese Partnerschaft zwischen Thalamus und Rinde. Es sieht ein wenig technisch aus, aber es ist sehr einfach...

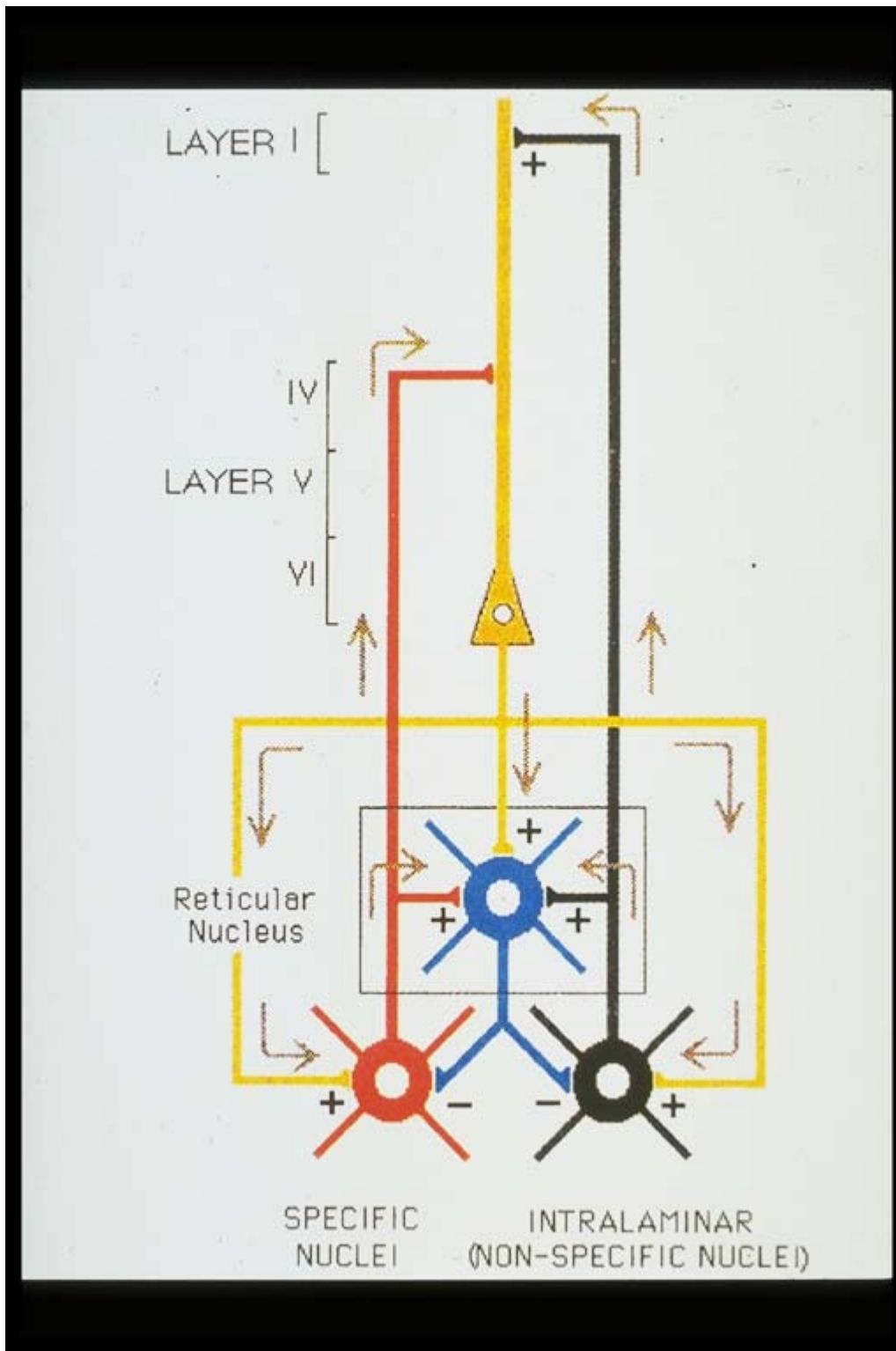


Bild: [Llinas et al. 1994](#) ...und wichtig. Sie sehen, dass es eine Verbindung gibt vom Thalamus zur Rinde. So eine Zelle geht vom Thalamus zur Rinde und macht dort eine Verbindung. Und die Rinde projiziert eine Information zurück zum Thalamus. Wir haben eine «thalamo-kortiko-thalamische Schleife». Das ist die Basis für den

ganzen Vortrag. Halten Sie das bitte gut im Kopf. Sie sehen hier eine thalamische Zelle, und die geht dann hier auf diese kortikale Zelle. Und diese kortikale Zelle schickt eine Synapse zurück zum Thalamus. Ich betone nochmals, für jede Funktion gibt es so ein Modul, für Motorik, aber gleich aussehend auch für Sensorik, für Gedanken usw. In einem solchen Modul gibt es zwei Teile: eine schwarze Zelle, die sich höher oben verbindet. Sie bildet wiederum die gleiche Schleife, aber – was hier nicht gezeichnet ist – dies da ist viel breiter organisiert, viel diffuser. So hat jedes Modul, jede Funktion, eine Seite, die präzise und topologisch genau organisiert ist, sie macht die Funktion, die man anschaut. Und es gibt einen zweiten Teil, der auch immer dabei ist, der macht nicht die Funktion, sondern erlaubt, die Funktion mit allen andern zu verbinden. Das erlaubt uns, ständig eine globale Erfahrung von allem, was wir erleben, zu haben, und nicht nur Sehen oder Motorik in Aktion zu haben. Wir sprechen im ersten Fall von der «Content-Schleife», um zweiten Fall von der «Context-Schleife». Letztere macht die Verbindung mit anderen Systemen, erstere macht die Funktion selber.

Da drin gibt es zwei wichtige Stufen für unsere heutige Analyse. Erstens, absolut zentral für uns sind gewisse zelluläre Eigenschaften. Eine erste Ebene: Diese hängt von speziellen Kanälen in den Zellmembranen ab. Ein Kanaltyp ist in unserer Betrachtung besonders wichtig. Die zweite Ebene ist eine dynamische, systemische, netzwerkartige. Man spricht von Resonanz. Hier kommt die Idee in die Betrachtung, dass ein Rhythmus eingesetzt werden muss, der sich zwischen Thalamus und Rinde gleichermaßen «resonant» und netzwerkartig einschaltet. Wir werden sehen dass wir damit das Phänomen des «Binding» beschreiben können. Schauen wir erstens was diese Zellen tun, und dann, wie sie sich zusammenbinden. In thalamischen Zellen...

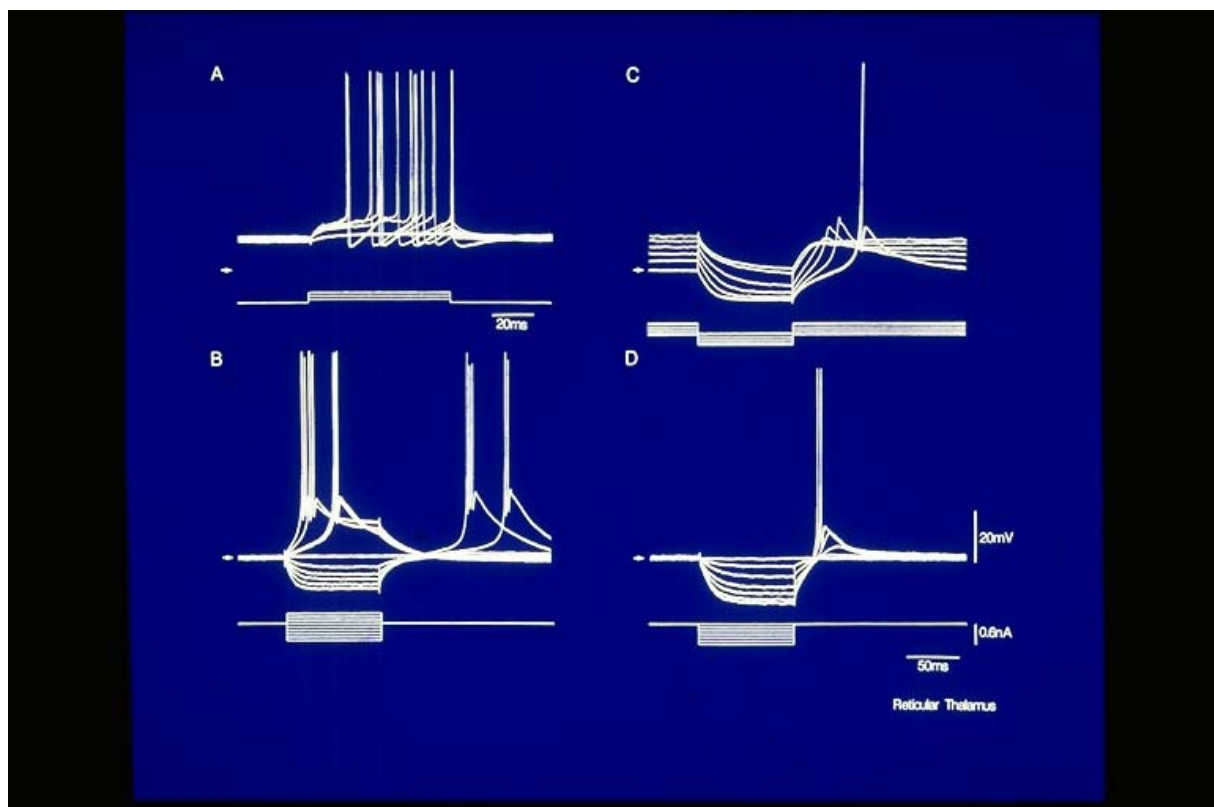


Bild: **Llinas and Geijo-Barrientos 1988** ...besteht eine besondere ausgeprägte Eigenschaft. Ich erkläre Ihnen, was hier passiert. Wir sehen hier ein Membranpotential. Die Zellmembran unterhält ein gewisses elektrisches Potential, innen ist es negativ, draussen positiv. Und wir haben da einen Ruhezustand. Wenn ein Stimulus hereinkommt, dann messen wir hier diese kleine Schulter, die einer Depolarisierung entspricht. Das Potential tendiert dazu, vernichtet





















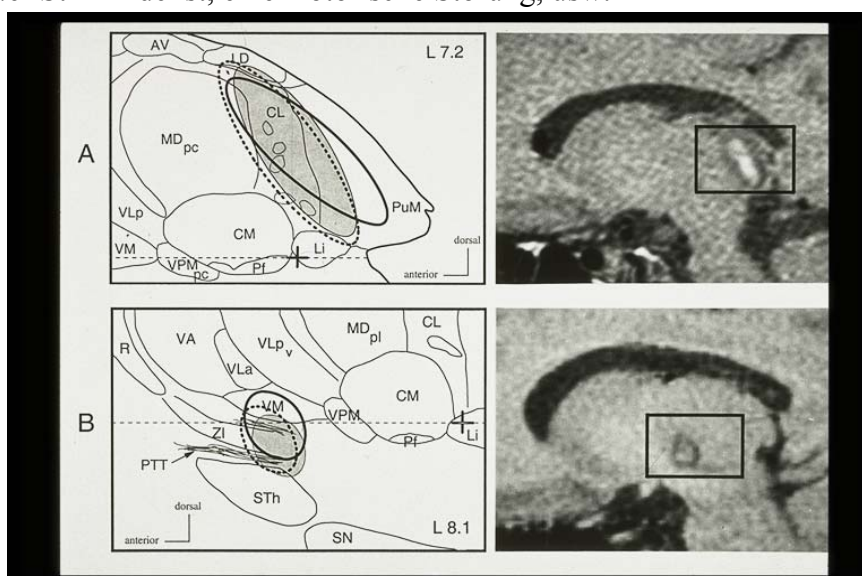
Dia: Bei Prof. Llinas in der New York University haben sie seit Jahren die Möglichkeiten des Magnetoenzephalographie. Wir haben uns dann die Frage gestellt, wenn es so ist, dass es die Rhythmen im Thalamus gibt – und wenn es so ist, dass diese Schleife so relevant ist, für alle unsere Funktionen, muss ein langsamer Rhythmus im Thalamus mit einem langsamen Rhythmus in der Rinde zusammenhängen. Mit MEG kann man Millionen von kortikalen Generatoren anschauen. Die MEG-Maschine, die sie da sehen, hat 148 Captoren, die so empfindlich sind, dass sie schon ein Photon an Energie ableiten können. Das ist am technischen Limit und sehr eindrücklich. Man spricht von SQUIDS.





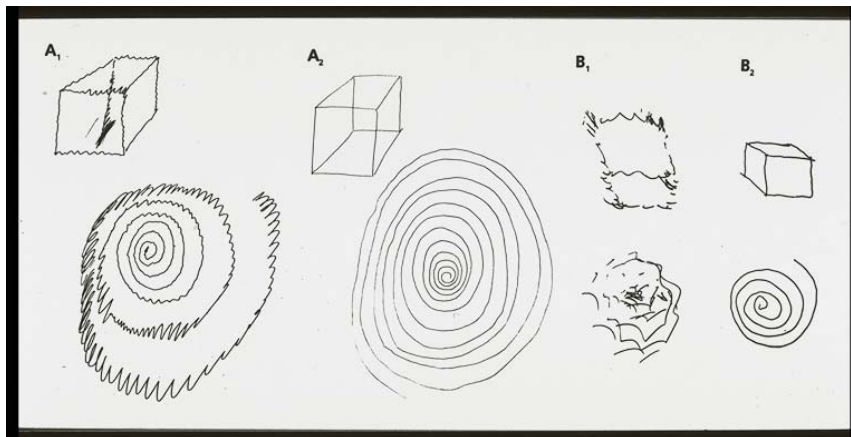
Dia: Hier möchte ich Ihnen alles zusammenpacken. Wir haben 3 Stufen da drin. Wir haben hier ein Modul, ein thalamo-kortiko-thalamisches Modul. Hier ist eine Nachbarmodul recht und ein Nachbarmodul links. Dieses Modul A beginnt diesen Tanz, zunächst haben wir eine De-afferenzierung, (oder Desaktivierung) und eine Überhemmung, das bringt die Zellen im Thalamus nach unten, und sie beginnen zu feuern mit langsamen Frequenzen (Stufe 1). Dann mit resonanten Schaltungen zwischen Thalamus und Rinde bilden sich langsame Frequenzen, die im kortikalen Niveau sichtbar werden (Stufe 2, mit MEG gezeigt). Es kommt zu einer Beeinflussung des Nachbarmoduls durch kortiko-thalamische und retikulo-thalamische Bahnen (3. Stufe). Dieses Modul da wird durch Kohärenz allmählich hineingezogen. Das Phänomen nimmt allmählich zu. Man weiss z.B. dass man einen Geburtsschaden im Temporallappen haben kann und mit epileptischen Anfällen zu rechnen ist, wenn man 10 oder 15 Jahre alt ist, z.B. dieses Phänomen braucht Zeit, um sich aufzubauen. Da stellt sich die Frage, wenn es doch langsam Wellen sind, warum zittern die Patienten, warum haben sie Attacken, Halluzinationen, usw., wieso kommt das Symptom heraus? Das ist die 4. und letzte Stufe. In der Rindenebene befindet sich jedes Modul in einem gegenseitigen Hemmungsverhältnis mit seinen Nachbarn. Die rote Zelle hemmt beispielsweise die Zelle im Nachbarmodul. Wenn ein Modul aktiviert wird, werden die Nachbarn blockiert. Die Karten, die Sie in den neurologischen Textbooks sehen, kann man mit einem Tropfen einer chemischen Substanz vollständig verändern, das sind überhaupt keine rigiden Karten. Die abgebildete Hand wird gross, das Gesicht verzerrt sich, weil alles dynamisch unterhalten wird durch den Mechanismus der gegenseitigen Hemmung. Das ist eine gute Methode der Rinde, um ein dynamisches Verhältnis aufrecht zu erhalten. Das ist das Substrat für die 4. und letzte Stufe. Es ist eigentlich sehr einfach. Hier haben Sie ein Modul, das zu langsam dreht, es entspricht einer Unteraktivität, und wenn dieses Gebiet da unteraktiv ist, dann hemmt es dieses Nachbargebiet weniger. Und dieses Modul entlädt sich. Es entlädt sich nicht, weil man einen Afferenz vom Körper bekommen hat, es entlädt sich nicht, weil man eine Idee hat zu bewegen, es entlädt sich, weil es einen Konflikt zwischen Rhythmen gibt. Das ist absolut zentral! Llinas spricht hier von einem Edge-Effekt, oder von einem Grenzeffekt. Alles passiert da an der Grenze, wo langsam und schnell aufeinanderprallen. Es kommt aus dem System nur deswegen raus.

Und was im Feuerwerk der Symptome rauskommt, ist einfach abhängig, wo das Problem lokalisiert ist. Wenn die Schleife in der auditorischen Rinde ist, kriegen wir ein Ohrgeräusch, wenn sie in der Stirnrinde ist, eine motorische Störung, usw.



Dia: Für unsere chirurgische Philosophie gewinnen wir daraus zwei zentrale Elemente. Und diese wenden wir über die letzten 12 Jahre immer konsequenter an. Ein Element ist, auf keinen Fall den Content- resp. den spezifischen Thalamus, noch die Rinde, noch die Verbindungen zwischen den zwei zu berühren, zu reduzieren. Das tut man aber in der herkömmlichen Epilepsie-Chirurgie: Ein Problem in der Rinde – man nimmt es weg! Für ein Organ wie die Rinde, finde ich das schockierend. Man hat sich in den Vierzigerjahren aufgelehnt gegen Lobectomy in der Psychiatrie; aber die Rinde bei Epilepsien zu reduzieren ist für mich heute genau das gleiche, inadäquat. Lassen wir doch die thalamokortikalen Partner in Ruhe, die sind schon oft durch die Krankheit reduziert, die muss man schonen, und danach trachten, wie man stattdessen die Rhythmusunterschiede reduzieren kann. Wir haben zwei Möglichkeiten, das zu tun. Die erste ist, wir benützen die Tatsache dieses Kontext-Thalamus, den ich erwähnt habe, dieser Thalamus, der sehr diffus arbeitet. Dieser liegt medial im Thalamus. Wir haben da Zellen, die besonders diese Salvenaktivitäten produzieren. Wir hatten die wunderschöne Möglichkeit, im Kontext-Thalamus einen Bereich auszusuchen, die andern Bereiche intakt zu lassen, und nur diesen pathologischen Bereich zu reduzieren (A). Das erlaubt uns, die Überproduktion, die Übersynchronisierung von langsamen Frequenzen markant zu reduzieren. Das wirkt aber vor allem gegen Symptome, die kommen und gehen, phasische Symptome, im Gegensatz zu tonischen, ständig anwesenden Symptomen. Als funktioniert gegen epileptische Anfälle und gegen Schmerzattacken wie bei der Trigemini-Neuralgie. Ansicht Thalamus: Sie sehen in weiss den Operationsbereich, hier wird er auf dem Atlas gezeigt, das ist eine mediale Thalamotomie, die erlaubt, Überproduktion und Aufrechterhaltung von langsamen Frequenzen zu reduzieren. Wir regulieren nur, wir reduzieren nicht die Funktion. Die zweite Möglichkeit, die hier für Parkinson gezeigt ist, ist die anwesende Überhemmung zu reduzieren. Das ist ganz logisch. Sie sehen hier (B) einen kleinen Operationsbereich, eine Kugel mit etwa 3 Millimeter Durchmesser, sie ist genau platziert auf diesen Fasern, die vom Pallidum kommen und in den Thalamus hineingehen. Somit bringen wir den Thalamus nach oben, und nehmen damit den Konflikt weg. Wir sprechen hier von einer pallidothalamische Traktotomie. Die ist also ganz klein da unterhalb des Thalamus.

Wenn wir das tun, das System also nicht reduzieren, sondern regulieren, kriegen wir nicht unmittelbar einen Effekt, aber auch keine Ausfälle. Was passiert ist wie bei einer Waage. Wenn man etwas Gewicht weg nimmt, macht die Waage eine Zeit lang eine Einpendelung, um das neue Gleichgewicht zu finden. Das beobachten wir auch bei den Symptomen. Das Zittern beispielsweise, braucht einige Tage, manchmal einige Wochen, manchmal 3-4 Monate, bis es ganz abgeklungen ist. Und das haben wir gern. Das muss der Patient wissen, dass da eine schonende Wirkung, eine re-stabilisierende Wirkung passiert, keine schlagartige reduzierende Symptomreduktion.







---

**Literatur**

[1] D. Jeanmonod, M. Magnin, A. Morel: Low-threshold calcium spike bursts in the human thalamus. Common physiopathology for sensory, motor and limbic positive symptoms. **Brain** (1996), **119**, 363-375.

Abstract:

*Positive symptoms arise after lesions of the nervous system. They include neurogenic pain, tinnitus, abnormal movements, epilepsy and certain neuropsychiatric disorders. Stereotactic medial thalamotomies were performed on 104 patients with chronic therapy-resistant positive symptoms. Peroperative recordings of 2012 single units revealed an overwhelming unresponsiveness (99%) to sensory stimuli or motor activation. Among these unresponsive cells, 45.1% presented a rhythmic or random bursting activity. Rhythmic bursting activities had an average interburst interval of 263 +/- 46 ms corresponding to a frequency of 3.8 +/- 0.7 Hz. Frequency variations among the different symptoms were not statistically different. Intraburst characteristics such as the highest frequency encountered in the burst (480 +/- 80 Hz) or the mean frequency of the burst (206 +/- 44 Hz) were also similar in all patients. All bursts, rhythmic or random, fulfilled the extracellular criteria of low-threshold calcium spike (LTS) bursts. After medial thalamotomy and depending on the symptom, 43-67% of the patients reached a 50-100% relief, with sparing of all neurological functions. On the basis of these electrophysiological and clinical results, we propose a unified concept for all positive symptoms centred on a self-perpetuating thalamic cell membrane hyperpolarization, similar to the one seen in slow-wave sleep.*

[2] Rodolfo R. Llinás, Urs Ribary, Daniel Jeanmonod, Eugene Kronberg, Partha P. Mitra: Thalamocortical dysrhythmia: A neurological and neuropsychiatric syndrome characterized by magnetoencephalography. **PNAS (PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES USA)**, December 21, 1999, vol. **96**, no. 26, 15222-15227.

Abstract:

*Spontaneous magnetoencephalographic activity was recorded in awake, healthy human controls and in patients suffering from neurogenic pain, tinnitus, Parkinson's disease, or depression. Compared with controls, patients showed increased low-frequency  $\theta$  rhythmicity, in conjunction with a widespread and marked increase of coherence among high- and low-frequency oscillations. These data indicate the presence of a thalamocortical dysrhythmia, which we propose is responsible for all the above mentioned conditions. This coherent  $\theta$  activity, the result of a resonant interaction between thalamus and cortex, is due to the generation of low-threshold calcium spike bursts by thalamic cells. The presence of these bursts is directly related to thalamic cell hyperpolarization, brought about by either excess inhibition or disfacilitation. The emergence of positive clinical symptoms is viewed as resulting from ectopic  $\gamma$ -band activation, which we refer to as the "edge effect." This effect is observable as increased coherence between low- and high-frequency oscillations, probably resulting from inhibitory asymmetry between high- and low-frequency thalamocortical modules at the cortical level.*