

«Rund ums Gehirn»

Verschiedene Jugendliche und Erwachsene stellen Prof. Dr. Daniel Kiper spannende Fragen zum Gehirn. Einige Antworten mögen vielleicht enttäuschen: wir sind weit davon entfernt, das Gehirn wirklich zu verstehen. Vieles, was aus psychologischer Sicht diskutiert wird, kann man neurobiologisch - also in der Gehirnstruktur – noch nicht erklären.

Gehirnwachstum & Gehirnentwicklung

1. In der frühen Kindheit gibt es sensible Phasen, in denen bestimmte Dinge (Sprache, Motorik) sehr einfach gelernt werden können. Gibt es solche «Zeitfenster» in der späteren Kindheit, Jugend oder sogar beim Erwachsenen auch noch?

Nein, die sensiblen Phasen (Plastizität), in denen Lernen fast wie von alleine geht, gibt es leider nur bis zum Teenager-Alter (ca. 12 Jahre).

2. Jugendliche spinnen in der Pubertät, weil ihr Frontallappen grad im Umbau ist. Gut zu wissen, aber welchen Sinn macht dieser Umbau «entwicklungstechnisch»? Das Gehirn könnte sich ja auch kontinuierlich ordnen und dabei die Eltern schonen...

Dank dieser Netzwerke im Frontallappen können Menschen andere Menschen verstehen, auf sie eingehen, in andere «Schuhe schlüpfen» (das nennt man «Theory of Mind»).

Warum sind Jugendliche «so»? Sie sind noch nicht «ganz fertig»... In der Umbauphase sind die Teenager sehr Ich-bezogen, sie können noch nicht wirklich auf andere eingehen.

In dieser Zeit zeigen die Teenager viel mehr Risikobereitschaft, sie befolgen Regeln nicht, machen gefährliche Dinge. Das wurde allgemein bei Säugern (Mäusen) so bestätigt. Eine mögliche Erklärung ist, dass dieses Verhalten nötig ist, um sich von den Eltern zu lösen, vom Nest wegzugehen.

3. Lernen Erwachsene anders als Kinder/Jugendliche?

Neurobiologisch gibt es keinen Unterschied, die Prozesse und Mechanismen sind dieselben - das Gehirn des Erwachsenen ist jedoch – wie schon erwähnt - weniger plastisch, weshalb das Lernen nicht mehr so einfach ist.

Hirnalterung und Tod

4. Unterliegt das Gehirn einem Alterungsprozess? Wie genau?

Das Hirn altert wie alle übrigen Organe auch. Die Blutversorgung wird weniger effizient, auch Nervenzellen sterben im Alterungsprozess. Alte Menschen (auch ohne Demenz) haben generell kleinere Gehirne, sie verlieren Nervenzellen. Meistens ist das aber kein Problem, wir haben genügend davon...

5. Die Entstehung neuer Gehirnverbindungen sei bis ins hohe Alter möglich. Aber ich merke doch, wie das Lernen immer schlechter geht – obwohl ich immer dranbleibe. Woran liegt das genau?

Das ist die Nobelpreis-Frage! Warum sind die jungen Gehirne so viel effizienter? Wenn wir das herausfinden... !!

6. Welche Funktionsbereiche des Gehirns können NICHT ein Leben lang trainiert werden?

Alle Bereiche des Gehirns können lebenslang trainiert werden (Motorik, Sprache, Gedächtnis). Wie gesagt, geht es einfach nicht mehr so schnell wegen der sinkenden Plastizität. Dazu kommt, dass die Sinnesorgane immer weniger leistungsfähig sind und deshalb schon weniger im Gehirn «ankommt».

7. Was geschieht bei Nahtod-Erfahrungen im Hirn?

Was genau geschieht, ist unbekannt. Allerdings konnten solche Nahtod-Erfahrungen simuliert werden, indem man bestimmte Hirnbereiche stimulierte. Nach der transkranialen magnetischen Stimulation des Parietallappens – so nennt sich diese nicht-invasive Methode – erzählten die Patienten von einer gefühlten «Trennung von Körper und Geist».

8. Weshalb geht man bei der Definition vom menschlichen Tod vom «Hirntod» aus?

Dies ist ein Konsens der Gesellschaft und so im Gesetz verankert. Früher galt «Herzstillstand/nicht mehr atmen» als Konsens für den Tod. Das Hirn ist jedoch das letzte Organ, welches noch aktiv sein kann, wenn der Herzstillstand bereits eingetreten ist. Man will einfach sicher sein.

Lernen, Gedächtnis, Lerntypen

9. Wie kann man die Gehirnleistung steigern? Die ungenutzten Potenziale bestmöglich steuern?

Wir nutzen immer alle unsere Bereiche im Gehirn, es gibt keine ungenutzten Potentiale, das ist ein Mythos. Innerhalb von Minuten kann immer in jedem Teil des Gehirns Aktivität gemessen werden. Vielleicht entstand der Mythos mit den «10%», weil beim Ausfall kleiner Hirnareale die Umgebung deren Aufgaben übernehmen kann.

Die Gehirnleistung steigern, kann man aber durch Lernen.

10. Gehirnjogging nütze gar nichts für die Gedächtnisleistung. Und Shooter-Games seien effizienter als Gehirnjogging-Programme. Stimmt das?

Diese Studien sind oft widersprüchlich, mal stimmt A, dann B... Es stimmt, dass diese Programme zur Prävention gegen Demenz wenig bewirkt haben. Da waren die Ergebnisse relativ ernüchternd.

Aber Gedächtnistraining ist nicht wirkungslos! Wenn man diese Programme durcharbeitet, wird man besser! Durch üben verbessert sich die Gehirnleistung.

Shooter-Killer-Games: auch das ist Training! Es geht um Reaktionsspiele im Allgemeinen, das ist Aufmerksamkeitstraining. Kinder, welche mit solchen Videospiele trainiert haben, können sich danach besser konzentrieren, sie lösen danach Aufgaben effizienter. Nachteil ist natürlich, dass sich die Leute an Gewalt gewöhnen.

11. Wenn wir lernen, wächst unsere Gehirnmasse. Andererseits lese ich, dass der Mensch 86 Milliarden Hirnzellen hat. Ist das nur so ein Durchschnitt? Oder haben wirklich alle Menschen genau gleich viele Hirnzellen und nur die Verbindungen sind mehr oder weniger?

Die Gehirnmasse wächst nicht per se durch Lernen. In Extremfällen wurde aber minimaler Hirnzuwachs festgestellt z.B. durch die Fingeraktivität bei MusikerInnen, die extrem intensiv üben. Was auf jeden Fall zunimmt, sind die Synapsen. Die Muster, «Wege», wie die Nervenzellen miteinander verbunden sind, werden gefestigt.

Und ja, die Zahl ist ein Durchschnitt für die Menschheit.

12. Unsere SchülerInnen lernen besser, wenn ihnen Informationen entsprechend ihrem Lerntyp (z.B. visuell, auditiv, kinästhetisch) vermittelt werden. Wie ist das zu erklären?

Neurobiologisch ist das eine offene Frage. Diesbezügliche Studien müssen wir kritisch anschauen, sie werden oft sehr subjektiv interpretiert. Es gibt auch Psychologen, welche diese Einteilung bestreiten. Vermutlich gibt es nicht einen «Haupt-Lernkanal» pro Person, sondern dieser ändert je nach Lernanforderung und Bedingungen.

13. Je mehr wir wissen, umso schneller steigt unsere Lern- und Gedächtnisleistung. Hat das nur mit der besseren Verknüpfung mit Bekanntem zu tun?

Ja, wenn man zu einem Thema bereits etwas weiss, kann man neues Wissen zu diesem Thema besser einordnen. Aber ob das eine bessere Gedächtnisleistung ist?

Man hat festgestellt, dass zweisprachig aufgewachsene Menschen viel einfacher weitere Sprachen lernen als einsprachig aufgewachsene Personen. Sie sind flexibler, lernen schneller, das Gehirn ist «besser vorbereitet», die Einordnung ist einfacher. Aber das ist etwas ungenau formuliert, es ist nicht neurobiologisch erklärt. Auch ist unklar, ob das für alle Bereiche stimmt. Wenn Menschen ganz neue Dinge lernen, ist die Einordnung wahrscheinlich auch beim «Vielwissenden» nicht grösser.

14. Lernen: auf was kommt es an bei Erwachsenen, gibt es ein „Rezept“? Wie ist das zum Beispiel beim Musizieren?

Das Rezept heisst: üben, üben, üben. Es gibt kein anderes Rezept. Und genügend schlafen! Durch üben bilden sich neue Synapsen und durch wiederholen werden bestehende Synapsen stärker. Das ist bei Kindern nicht anders, es geht einfach schneller.

Die Lehrpersonen wissen viel mehr über das Lernen als die Neurobiologen!

15. Unterschiede in der Gehirndominanz (linke oder rechte Gehirnhälfte) können individuelle Unterschiede zwischen Lernenden erklären. Was ist dran an „rechts = kreativ, links = logisch-rational“?

Das ist ein Mythos, unsere Gehirnhälften arbeiten immer beide miteinander. Der einzige Unterschied liegt in der Sprache: die Sprachzentren liegen auf der linken Seite. Das gibt der linken Hemisphäre einen gewissen Vorteil. Möglicherweise stammen daher diese Mythen: «wer gut formulieren kann, denkt rational». Aber diese Zuteilung analytisch vs. kreativ ist Unsinn. Egal, ob rational oder intuitiv: Beide Hirnhälften werden beansprucht.

Meditation, Pausen, Erholung, Schlaf

16. Braucht das Gehirn Erholung? Wenn ja: wie funktioniert das am besten?

Ganz einfach durch Schlaf. Was genau da geschieht, weiss man noch nicht, aber es gibt Hinweise.

Wenn wir lernen, bilden sich neue Synapsen und die bestehenden Verbindungen werden stärker. Nun gibt es im Gehirn kein lebenslanges Wachstum, es muss eine Grenze geben. Die Idee/Hypothese ist, dass im Schlaf die neu gebildeten Synapsen in die passende Form und Grösse gebracht werden. Sie werden wieder etwas schwächer, aber das Verhältnis zueinander bleibt bestehen, der Lerneffekt /Unterschied bleibt also bestehen.

Aber eigentlich ist immer noch nicht klar, weshalb wir schlafen. Es ist nur klar, dass es ohne Schlaf nicht geht. Schlafentzug wurde sogar als Foltermethode benutzt.

17. Mich würde noch interessieren, ob Meditation im Gehirn nicht nur während der Meditation nachgewiesen werden kann, sondern ob es auch nachhaltige Veränderungen gibt bei Menschen, die viel praktizieren.

Dazu sei kurz das Schlafmuster erklärt: es gibt einen Wechsel zwischen REM- und Tiefschlafphasen. Während der REM-Phase ist unsere Gehirnaktivität fast wie im Wachzustand, im Tiefschlaf schwingt unser Hirn viel synchroner in grossen Wellen im gesamten Gehirn. Meditation zeigt dasselbe Wellenmuster wie der Tiefschlaf. Aber nachhaltige Veränderungen wurden noch nicht nachgewiesen, resp. es gibt noch nicht sehr viele Resultate zu langfristigen Untersuchungen.

18. Epigenetisch nachweisbarer vererbter Stress sei im Blut nachweisbar. Sind auch im Gehirn Veränderungen nachweisbar? Wie verhält es sich, wenn jemand tiefe/intensive Therapie macht. Verändert sich dann das Blutbild, resp. können allfällige Veränderungen wieder rückgängig gemacht werden?

«Vererbter Stress» ist bei jungen Mäusen im Blutbild (Stresshormone) feststellbar. Offenbar gibt es auch Veränderungen im Gehirn, bei Mäusen wurden solche festgestellt. Das Verhalten dieser Mäuse ist anders. Sie sind aber schwierig zu finden und beschreiben, die Mechanismen sind noch unbekannt.

Wenn Therapie funktioniert, verändert sie auch das Gehirn – sonst hätte sie ja keine Wirkung! Das hat aber kaum automatisch Konsequenzen im Blutspiegel. Die Therapie-Forschung ist sehr komplex – wir haben ja erst kaum herausgefunden, wie «das Sehen» im Gehirn funktioniert...

19. Was haben die Konzentrationsfähigkeit und die Intelligenz gemeinsam? Wie kann man die Konzentrationsfähigkeit stärken? Woher kommt dieses Abdriften vom Hirn in den Nebel, in Tagträume, wohin immer. Ist es mangelndes Interesse an der Sache oder ist das genetisch, also biologisch gegeben? (Du glaubst gar nicht, wie schwierig es für mich ist bei der Sache zu bleiben, drifte immer davon ...)

Es gibt anscheinend keine Korrelation zwischen Intelligenz und Konzentrationsfähigkeit. Die Konzentration kann man offensichtlich trainieren, z.B. mit Videospiele stärken. Die Unterschiede in der Konzentrationsfähigkeit sind neurobiologisch noch nicht erklärt.

Intelligenz ist neurobiologisch gesehen die Fähigkeit, schnelle und fähige Netzwerke im Gehirn zu bauen. Aber darüber wissen wir immer noch sehr wenig, es ist alles sehr spekulativ.

20. Wir lernen im Schlaf → wir verarbeiten und festigen das tagsüber Gelernte. Was genau passiert da im Schlaf?

Gelernte Muster des Tages finden sich während des Schlafens wieder. Wenn z.B. Menschen Orientierungsaufgaben lernen, erzeugt das ein messbares Muster im Hippocampus. Während des Schlafes erscheinen genau diese Muster wieder, sie werden im Schlaf repetiert. Durch diese «Wiederholung» festigen sich offensichtlich die Synapsen. Die Theorie ist also: wir üben im Schlaf.

Drogenkonsum

21. Was genau passiert im Gehirn, wenn ich mich betrinke? Stimmt es, dass Alkohol Gehirnzellen abtötet? Und von welchem Zeitpunkt an ist das nicht mehr rückgängig zu machen?

Alkohol beeinflusst beeindruckend viele Neurotransmittersysteme im Gehirn. Viele Drogen beeinflussen nur ein oder zwei Systeme, das Alkohol-System ist sehr komplex und noch nicht vollständig verstanden. Eines davon ist das GABA-System, welches normalerweise hemmende Neuronen führt. Es gibt aber auch excitatorische Systeme, die durch Alkohol stimuliert werden. Die Wirkung ist eine komplexe Mischung zwischen hemmenden und excitatorischen (stimulierenden) Effekten.

Ein «Suff» tötet keine Gehirnzellen, dafür braucht es hohe Konzentrationen. Aber langfristiger Alkoholkonsum führt zu kontinuierlichem Zelltod, nur schon durch die schlechtere Blutversorgung. Es sind auch spezifische

Alkohol-Demenzen bekannt (Korsakoff-Syndrom). Aber davor sind meist auch andere Organe (z.B. die Leber) bereits zerstört.

Schwindlig wird einem übrigens, glaube ich, weil Alkohol die Viskosität der Körperflüssigkeiten ändert. Unser Gleichgewichtsorgan wird dann ebenfalls anders erregt, weil sich die Zusammensetzung der Innenohr-Lymphflüssigkeit ändert.

22. Wie beeinflusst LSD unser Gehirn?

Serotonin-Synapsen werden stimuliert. Ecstasy wirkt auf sehr ähnliche Weise.

23. Meine Fragen zu verschiedenen Kaffeekonsum-Studien:

- a. Menschen, die viel Kaffee trinken, erkranken seltener an Alzheimer oder Parkinson. Ist das verifiziert?
- b. Frauen, die viel Kaffee trinken, erkranken 20% seltener an Depressionen (sagt eine Harvard-Studie – gibt es die?)
- c. Andererseits: regelmässiger Kaffeekonsum verringert die Wachsamkeit/Aufmerksamkeit.

Man müsste checken, ob es diese Studien wirklich gibt. Allgemein gilt: solche Studien können nicht ernst genommen werden, weil die Korrelationen unklar sind. Solche jahrelangen Studien mit Menschen unter superkontrollierten Bedingungen sind ethisch unmöglich machbar. Vielleicht gibt es Mäuseversuche... aber die sind natürlich psychologisch nicht mit Menschen vergleichbar.

Es wird noch lange dauern, bis die Neurobiologie auf der Stufe der psychologischen Studien ist.

24. Wie wirkt Haschisch?

Komplexes Thema. Bei Erwachsenen scheint Haschischkonsum keine langfristige Wirkung zu haben, oder nur in sehr hohen Dosen. Der Konsum ist viel problematischer bei Gehirnen, die noch in Entwicklung sind (Jugendliche). Da wurden langfristige Konsequenzen wie Aufmerksamkeitsdefizite, Gedächtnisverlust, Depression und höheres Risiko für Psychosen relativ gut dokumentiert. Das betrifft aber auch relativ hohe Dosen...

Seele, Ich-Bewusstsein, Sozialverhalten

25. Befindet sich der Sitz der Seele im Gehirn? Wenn nicht, wo sonst?

Neurobiologen sagen: es gibt keine Seele in Form von «Materie». Die Seele kann alles Mögliche sein: Gehirnaktivität, Illusion, freier Wille, Energie... sie kann sich irgendwo im Körper befinden oder auch ausserhalb. Diese Fragen gehören in eine ganz andere Ebene, für die Neurobiologen machen sie keinen Sinn.

26. Definiert das Gehirn das «Ich» und die «Persönlichkeit»?

Aber natürlich! Alles was wir «Ich» nennen, ist unsere Gehirnaktivität.

27. Weshalb befindet sich das Gehirn im Kopf?

Das Hirn ist ein sehr verletzliches Organ, im Kopf ist es durch die starke Schädelkapsel extrem gut geschützt.

28. Wie funktioniert das mit dem „Unbewussten“? Wie kann man das Unbewusste bewusst machen?

Die meisten Gehirn-Aktivitäten / gespeicherten Informationen sind nicht bewusst.

Bereits vor mehr als 50 Jahren hat man es geschafft, durch künstliche Stimulation das «Gedächtnis» an die Oberfläche zu bringen. Dabei wurde den Patienten während einer Operation der Hippocampus elektrisch stimuliert. Diese erinnern sich dann und erzählen sehr genaue Ereignisse aus längst vergangenen Zeiten auf allen sensorischen Ebenen (Bild, Ton, Geruch).

Es gibt immer noch keine Erklärung für diese Prozesse.

29. Was hat das Gehirn mit dem Glückseligkeit zu tun?

Alle Emotionen sind Hirnprozesse, einige empfinden wir als angenehm (möchten wir wiederholen), andere als nicht angenehm (möchten wir vermeiden). Kurzfristig sind es z.B. Dopamin und auch Serotonin-Systeme, die Emotionen auslösen. Das langfristige «Glück» wird nicht durch die Neurobiologie erklärt....

30. Ist das Hirn nun wirklich mit einem (lernfähigen) Computer vergleichbar? Werden Computer irgendwann lernen, was Gefühle sind?

Das Hirn ist sicher nicht mit einem Computer vergleichbar, es arbeitet nach ganz anderen Prinzipien und hat viel mehr Komplexität. Aber es ist nicht ausgeschlossen, dass Computer irgendwann in sehr ferner Zukunft auch Gefühle oder Sprache lernen.

31. Sind die Spiegelneuronen einfach die Erklärung für unser Sozialverhalten oder gibt es wirklich extra Neuronen, welche diese Aufgaben übernehmen? Falls ja: wo im Gehirn liegen sie und wie arbeiten sie?

In der Umgebung des motorischen Cortex gibt es diese Spiegelneuronen. Deren Sinn wird aber relativ einfach (aber spekulativ) erklärt: Man geht davon aus, dass sie wichtig sind, damit die Babys durch motorische Imitation (also «Nachmachen») von ihren Eltern lernen können – so eröffnet sich die Welt. (z.B. Imitation der Lautbildung durch die Lippen).

«Sozialverhalten» ist ein zu breiter Begriff für die Neurobiologen, das ist extrem komplex, und kann sicher nicht nur durch die Spiegelneuronen erklärt werden.

Ernährung

32. Brainfood macht schlau! Omega-3-Fettsäuren und Polyphenole sind gut fürs Gehirn. Stimmt das? Oder ist das ein Werbegag? Wie und wo wirken diese Stoffe?

Diese Ernährungs-Fragen sind extrem modeabhängig... mal gilt dies, mal das Gegenteil.

Bei dieser Frage geht man davon aus, dass eher das periphere Nervensystem betroffen ist, also unsere Nervenzellen von und zu den Organen, Sinnesorganen, Muskeln. Wie ernst diese Studien jedoch zu nehmen sind, darauf habe ich keine Antwort...

33. Kinder sind weniger aufnahmefähig, nachdem sie zuckerhaltige Getränke und/oder Snacks zu sich genommen haben. Wie ist das zu erklären?

Das Gehirn braucht Zucker – es ernährt sich ausschliesslich von Zucker... Zucker liefert schnell verfügbare Energie, diese kann zu überschüssiger Aktivität und Zappeligkeit führen und damit wahrscheinlich die Lernfähigkeit überlagern. Aber dass das Gehirn dadurch per se weniger lernfähig ist, wage ich zu bezweifeln.

Musik

34. Musik von Mozart steigert unsere Intelligenz (Frances Rauscher, 1993) – was ist da dran? Hat man das einfach nur mit Mozart untersucht, oder gilt das auch für Heavy-Metal ☺?

Diese Studien sind wieder nur Korrelationen und haben wahrscheinlich gesellschaftliche Gründe. Wer klassische Musik hört, lebt wahrscheinlich allgemein in einem lernfreundlichen, vielfältigen Umfeld. Dass diese Musik eine bestimmte Ordnung ins Gehirn bringe, ist neurobiologisch gesehen völliger Quatsch.

35. Fördert Musik wirklich die Intelligenz oder musizieren intelligente Menschen einfach häufiger?

Musizieren, aber auch lesen, lernen, Sport machen, ... egal was man übt, fördert das Wissen und Können und auch Skills wie die Konzentrationsfähigkeit, Fokussieren etc. Es gilt also wieder: üben, üben, üben.

Intelligenz hat mit den Mustern der Synapsen zu tun. Neurobiologisch ist Intelligenz die Fähigkeit, im Gehirn schnelle, effiziente Netzwerke zu bauen. Das hat also nur indirekt mit der Musik zu tun, sondern damit, dass man etwas trainiert.

Intelligenz ist übrigens beim toten Menschen nicht sichtbar. Genau so wenig, wie man am Gehirn eines toten Menschen feststellen kann, ob es ein Mann oder eine Frau war.

Sport & Bewegung

36. Wer Sport treibt, ist geistig fitter und beugt dem Abbau im Alter vor. Stimmt das wirklich in Bezug auf die Hirnmasse, oder ist das eher so allgemein (besserer Stoffwechsel z.B.) gemeint? Falls ja: was genau bewirkt Sport im Gehirn?

Ja, gesunder Körper, gesundes Hirn!

Sport fördert aber auch spezifisch die motorische Koordination. Man hat beispielsweise festgestellt, dass durch intensives Jogging mehr Nervenzellen produziert werden – eventuell wegen der räumlichen Orientierung.

Unterschiede Mann & Frau

37. Es gäbe gar keine Unterschiede im männlichen und weiblichen Gehirn: ich kann das nicht glauben! Ist alles nur hormonell bedingt? Falls es doch Unterschiede gibt (z.B. das räumliche Verständnis sei besser bei Jungs): Lässt sich das in der Struktur sehen? Welche weiteren Unterschiede werden diskutiert?

Meist geht es einfach um gesellschaftliche Rollen, Klischees... wer sagt, wo es lang geht, hat sich eher mit dem Raum auseinandergesetzt. Die einzigen (kleinen) Unterschiede befinden sich im Bereich des Hypothalamus, da wo die Hormonproduktion kontrolliert wird. Ansonsten ist ein männliches und weibliches Gehirn nicht unterscheidbar.

Krankheit & Unfall

38. Ist das Hirn bei Migräne betroffen?

Während einer Migräne sind abnormale Hirnmuster in der Aktivität messbar. Das ist aber nicht das, was schmerzt. Das Kopfweg stammt von den Membranen (Hirnhäuten) und wird wahrscheinlich durch zu viel Druck ausgelöst.

39. Die Funktionen von beschädigten Gehirnregionen können oft von anderen Gehirnregionen übernommen werden. In welchen Bereichen ist dies nicht der Fall?

Es geht weniger um die Regionen als um die Proportionen: kleine Läsionen können gut kompensiert werden, grosse Schäden nicht. Wenn z.B. eine Verletzung im Occipitallappen zu gross ist, erblindet der Patient. Und wieder gilt: Kinderhirne sind viel plastischer, Kinder können die Hälfte des Hirns verlieren und danach doch ein normales Leben führen. Wir reden hier von der Grosshirnrinde, nicht vom Hirnstamm.

40. Was ist Epilepsie?

Epilepsie kann man als elektrischen Sturm im Gehirn beschreiben. Die Nervenzellen werden spontan und chaotisch aktiv, es gibt eine Überflutung von elektrischer Aktivität.