

Hallo miteinander,

was tut sich an der Ostsee? Ein paar Informationen dazu wieder in dieser Folge. Wie hat sich der Klippenabbruch weiterentwickelt?

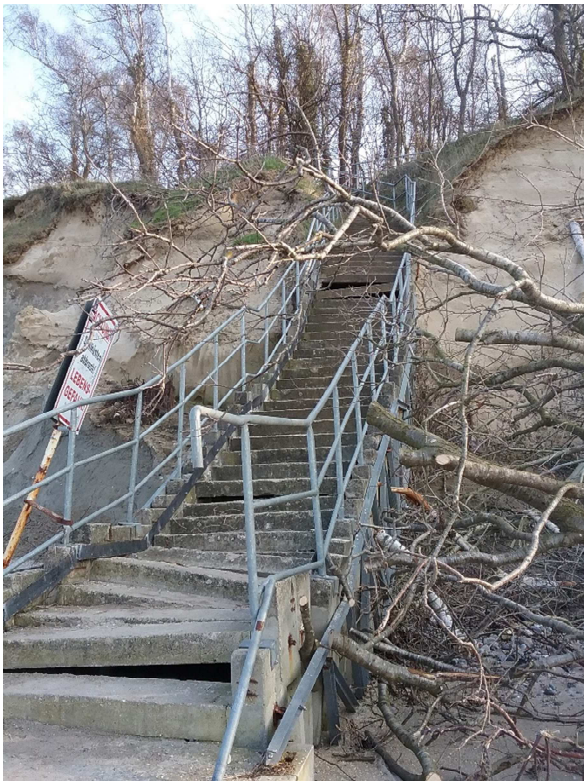


Es sind keine großen Veränderungen gegenüber Ende Februar erkennbar. Man sieht, dass von der Wand Ton geschwemmt wurde durch den Regen der letzten Tage Ende März





Blümchen an der Steilwand und auf der Wurzel eines abgestürzten Baums, verschonte Bruthöhlen

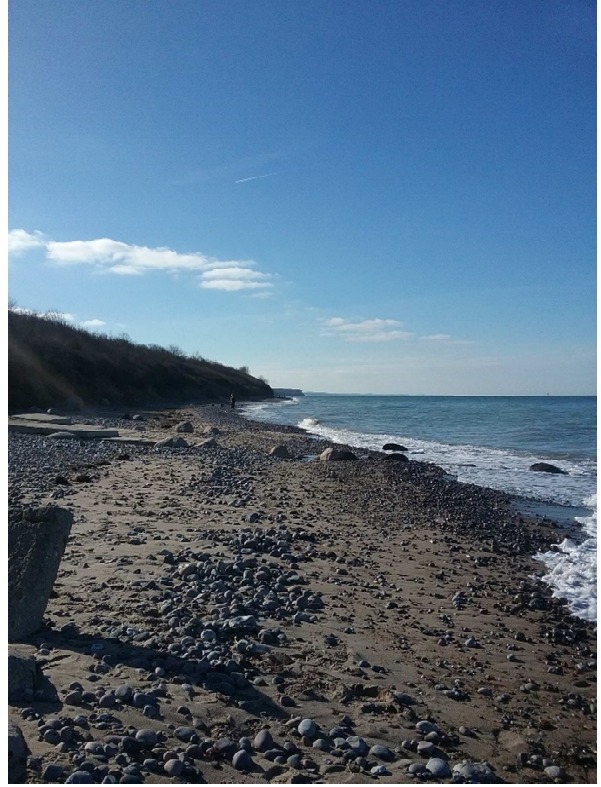


Am Dünenanfang 38: Spuren der Stürme





Am Dünenaufgang 38

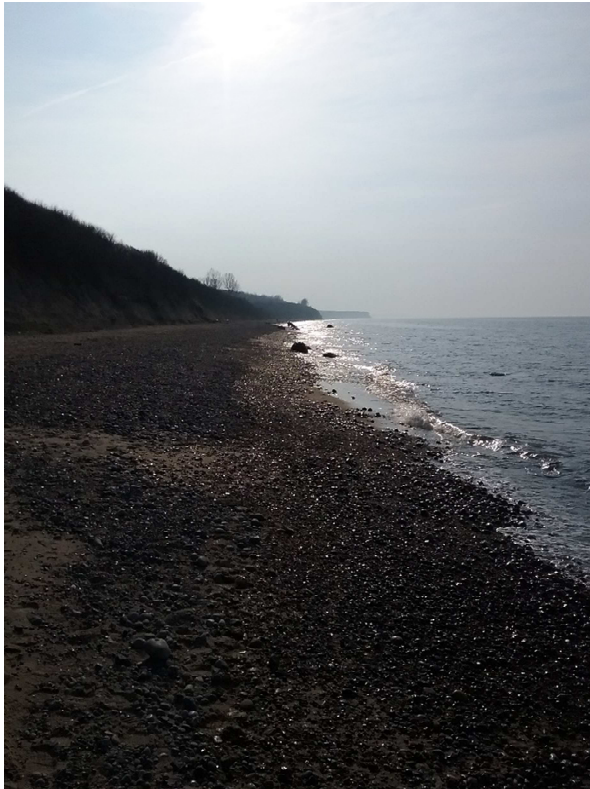


Am Meridian 12: Blick Richtung Heiligendamm



Die erste Seeschwalbe (auf einem Fels im Meer); was mir aufgefallen ist: Es gibt dieses Jahr überhaupt keine angeschwemmten toten Krabben. Letztes Jahr um diese Zeit war der Strand voll davon. Vielleicht müssen die Seeschwalben dieses Jahr weiter nach Norden ziehen zum Brüten.

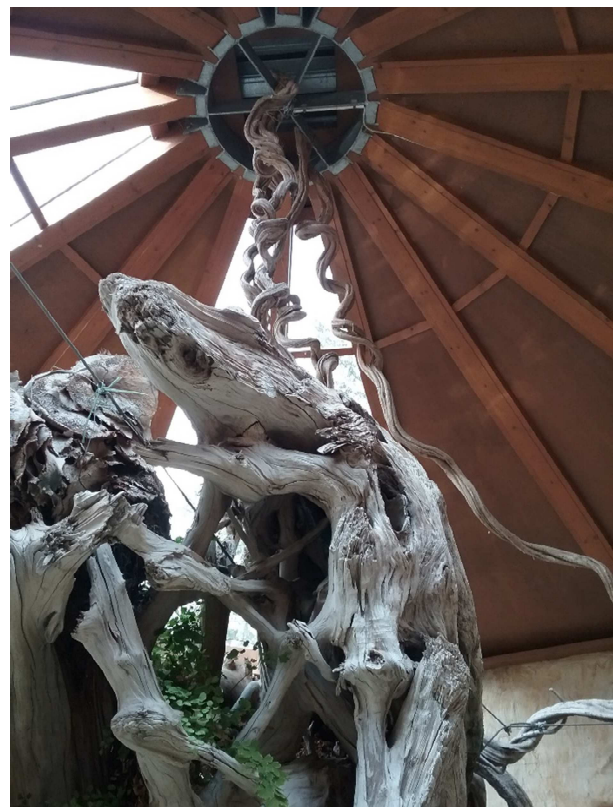
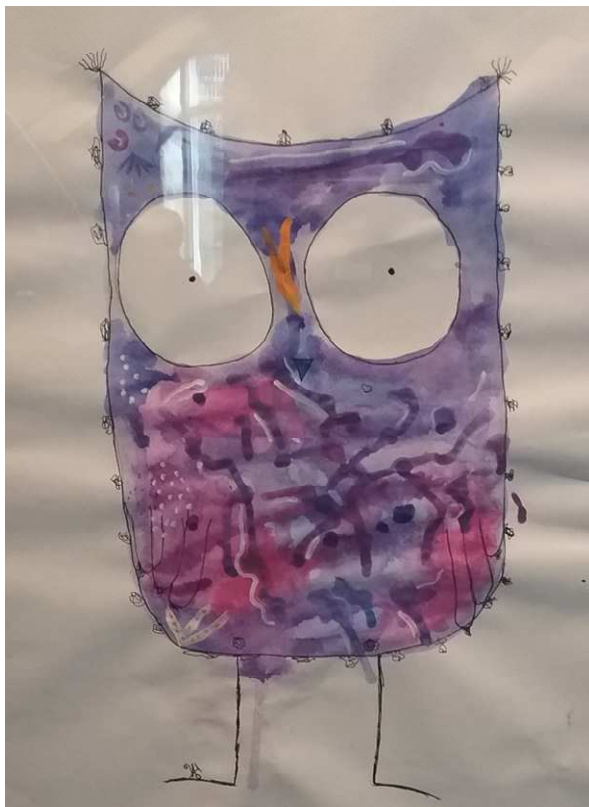




Blick Richtung Heiligendamm

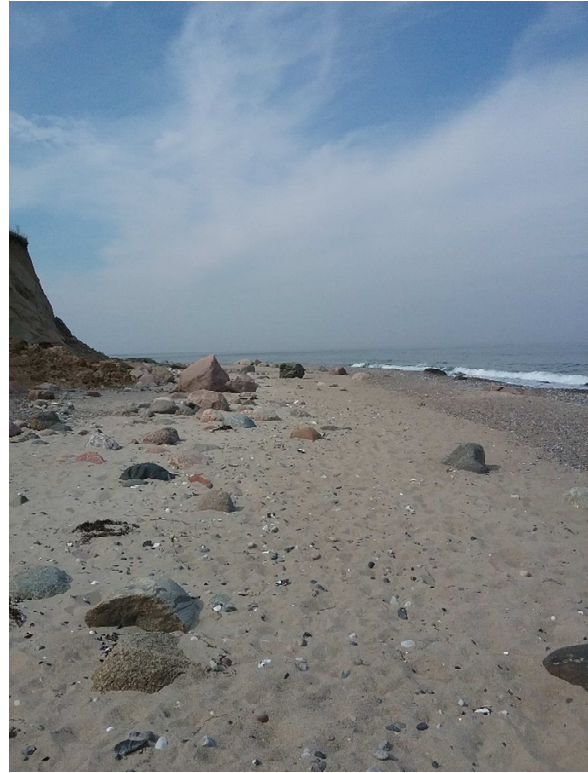


Rückweg zur Wilhelmshöhe



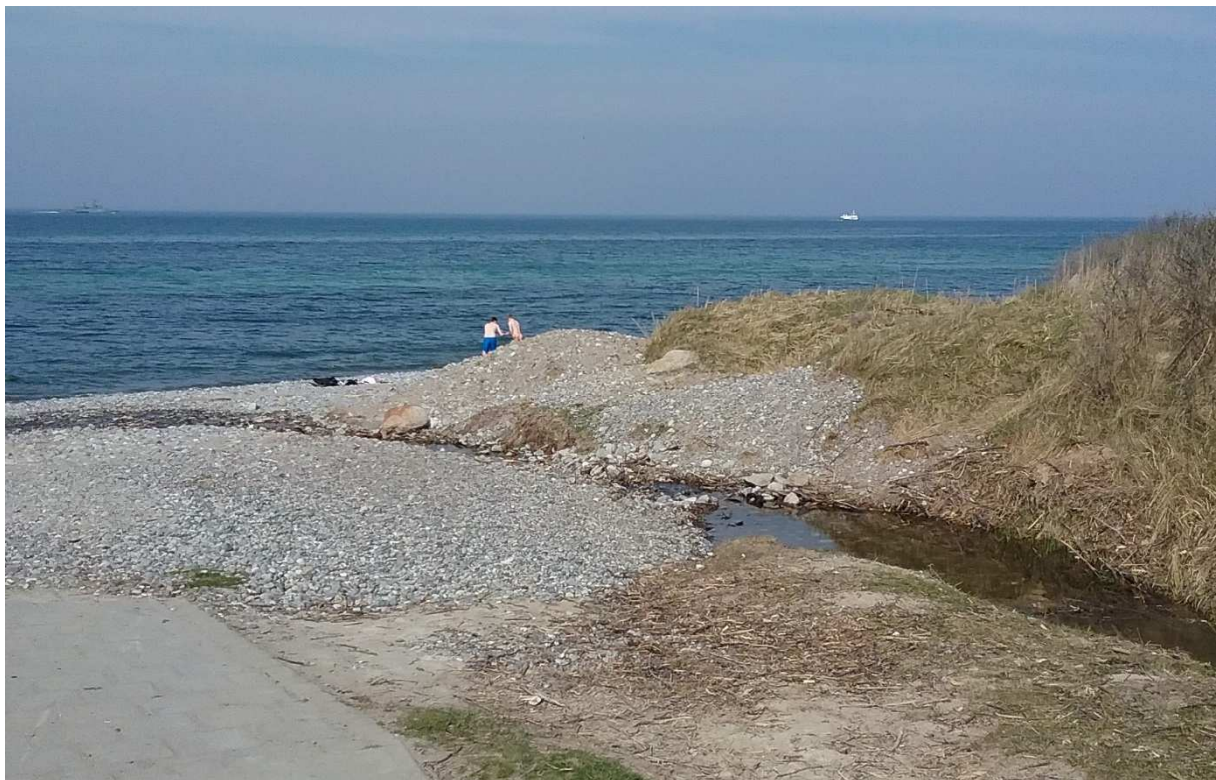
Zwei Bilder aus dem Pavillon bei den Kleinaffen: Das Bild einer Eule von einem Schulkind und rechts eine Installation mit Wurzel und Lianen im Pavillon. Der Zoo ist wirklich sehenswert. Ich hatte mich ja etwas lustig gemacht über die Werbung „Bester Zoo Europas in der Kategorie II der Zoos mit 500.000-1.000.000 Besucher jährlich“. Aber er war das Eintrittsgeld von 17,50€ wert.





Nahe Dünenaufgang 38: Sand zu verteilen / Blick Richtung Westen

Die Treppe zum Dünenaufgang 38 wird übrigens gerade repariert. Sie erhält anscheinend Holzstufen. 2 Arbeiter sind zugange und scheinen mehr mit Überlegungen beschäftigt zu sein, wie vorzugehen sei, als mit eigentlichen Arbeiten. Bin gespannt, was das wird.

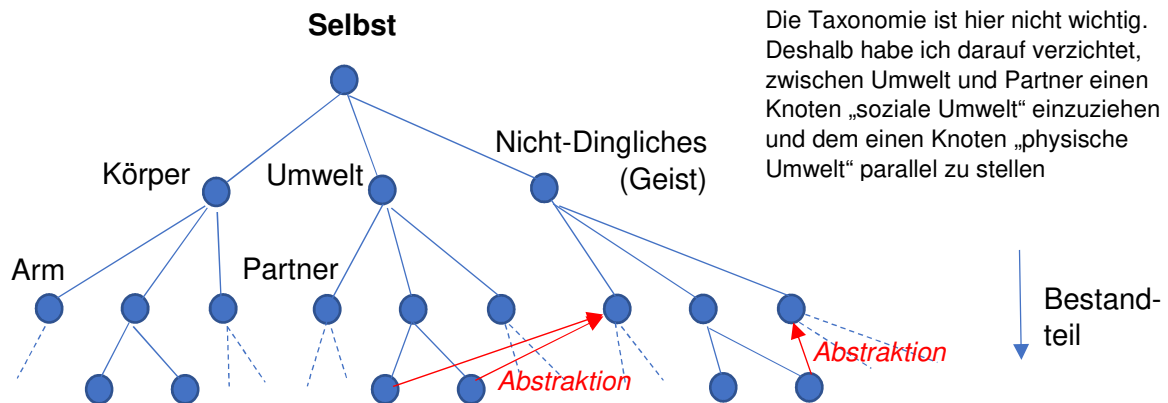


Mutprobe am 12.Meridian: Die ersten badenden Kinder (ich habe nachgeschaut: die aktuelle Wassertemperatur der Ostsee bei Warnemünde ist 6°C)



Nun zur Fortsetzung unseres Begleitthemas. Es geht noch einmal (bei vollem Bewusstsein) um unser Bewusstsein. Heute zu den am Schluss des letzten Newsletters aufgeworfenen Fragen. Ohne die Horizont-Problematik. Die wird separat behandelt.

Zunächst noch ein kurzer Nachtrag zu Repräsentationen im Gehirn. Wie äußert sich die Bedeutung einer Repräsentation? Zur Erinnerung noch einmal der Baum des Selbst:



Ich hatte auf eine Nachfrage zum letzten Newsletter entgegnet, dass die Bedeutung mit der Höhe der Repräsentation im Baum wächst. Die Verbindungen in einer Baumdarstellung sind aber nichts anderes als spezielle Assoziationen. Die Bedeutung einer Repräsentation ergibt sich deshalb aus der Zahl der Assoziationen und der Redundanzen zur Sicherheit der Speicherung – meiner Ansicht nach. Jetzt zu den Fragen des letzten Newsletters.

Warum fragen Kinder in einer Phase der Entwicklung ständig nach dem Warum? Was trainieren sie damit?

Zunächst ist klar, dass diese kindliche Phase nie mehr endet. Wir fragen das ganze Leben nach dem Warum. Die Angehörigen der Toten des Absturzes von MH370 fragen bis heute nach den Ursachen des Absturzes. Eine Vertreterin der Angehörigen: „Wir müssen wissen, warum das Flugzeug abgestürzt ist!“. Warum? Nichts wird ihnen die Angehörigen zurückbringen. Es ist, als könnten sie den Verlust erst verkraften, wenn ihre Angehörigen Teil einer schlüssigen Geschichte des Absturzes wären. Wir können anscheinend nicht verkraften, dass abgeschlossene Ereignisse im Raum der Möglichkeiten verbleiben. Derselbe Mechanismus (mit anderen beteiligten Gefühlen) greift in der ganzen Wissenschaft, speziell in Paläontologie und Archäologie. Da werden die wildesten Geschichten konstruiert, um z.B. Sachverhalte zu Knochenfunden zu erklären. In einem der letzten SPIEGEL war etwa eine Ausgrabung bei Herxheim in der Pfalz erwähnt, wo man Knochen von über 1000 Menschen, vorwiegend jugendlichen Alters, aus einer Zeit vor 7000 Jahren gefunden hatte. Eine der konstruierten Geschichten postulierte eine Art Pilgerzentrum, in dem Priester Menschenopfer darbrachten und in dem Kannibalismus im Rahmen einer großen Zeremonie stattfand. Die Knochen stammten aus einem relativ kurzen Zeitraum und wiesen entsprechende Schnitt- und Bruchspuren auf. Die Geschichte kann also natürlich stimmen. Kennzeichnend ist aber, dass sie im Raum der Möglichkeiten und eine von zahlreichen Geschichten bleibt. Es scheint so, dass sich die ferne Vergangenheit verhält wie die Zukunft: die Zahl möglicher Geschichten steigt mit der Entfernung vom Heute.

Zurück zu den Kindern und warum sie ab ca. 3 Jahren plötzlich ständig nach dem Warum fragen. Ich denke, die Antwort ist naheliegend. Kausalketten verknüpfen Ereignisse oder Sachverhalte und machen sie auf diese Weise leichter speicher- und wiederabrufbar. Kausalketten sind Bestandteile von Geschichten und reduzieren die Zahl möglicher Geschichten. Und Prognosen zu Ereignissen in der Zukunft werden möglich. Kalifornische Computerkonzerne leben davon. Es ist ein beliebtes Verfahren der Mathematiker, aus



wenigen Axiomen für allerdings komplizierte Mengen tiefschürfende Aussagen abzuleiten. Und trainiert wird mit der Frage nach dem Warum und den gebildeten Kausalketten natürlich der Geschichtenerzähler. Dazu auch neue Erkenntnisse zur Speicherung von Erlebnissen (aus Spektrum der Wissenschaft 1.19, Alcino J.Silva, Gedächtnis: Ein Netz von Erinnerungen):

Bekannt war, dass das Gehirn Gedächtnisinhalte i.d.R. nicht separat abspeichert sondern in Verbänden, Silva spricht davon, dass es sie zu einem einheitlichen Bild zusammenfasst. So ist ein Ergebnis seiner Forschungen nicht verwunderlich, dass nämlich kurz aufeinander folgende Ereignisse miteinander verknüpft und in teils identischen Neuronennetzen gespeichert werden. Die Erinnerung an eines ruft dann meist auch eine an das andere hervor. Die Amygdala scheint immer beteiligt, um die Assoziation von Gefühlen beizusteuern. Sensationell einfach ist eine mögliche Assoziation mit Folge-Ereignissen. Wenn zu dem Ereignis Erinnerungen und die damit verbundenen Neuronen aktiviert werden, so wird das Ereignis bevorzugt in diesem neuronalen Netz gespeichert. Raffiniert, **wie das Gehirn Erinnerungen verbindet**, nicht? Interessant (leider) auch, dass diese Fähigkeit mit dem Alter abnimmt. Das liegt vielleicht daran, dass alte Mäuse – wieso Mäuse? Na, weil die Experimente natürlich erst einmal an Mäusen gemacht wurden – entspannter auf alte Ereignisse reagieren („Ach schon wieder dieser Käfig, wo ich den leichten Stromschlag bekommen habe. Wie langweilig!“). Also mein Tipp an alle Alten unter uns: Sensibilität bewahren!

Wieso allerdings die Schlafwandlerin, nachdem sie den ganzen Tag Weihnachtsgeschenke verpackt hatte, in der Nacht während des Schlafwandeln alle Gegenstände auf ihrem Nachttisch in ihr Kopfkissen stopfte, bleibt ihr Geheimnis (aus Spektrum der Wissenschaft 1.19, Isabelle Arnulf, Warum träumen wir?).

Bei der Gelegenheit eine Anmerkung: Ich war immer der Meinung, dass Träume in der sog. REM-Phase des Schlafs stattfinden (auch Christof Koch vertritt in seinem Buch zum Bewusstsein noch diese Auffassung; sie scheint weit verbreitet). Isabelle Arnulf weist in ihrem Artikel explizit darauf hin, dass das falsch ist. Träume gibt es auch im Tiefschlaf. Sie werden nur nicht so oft erinnert (50% gegenüber 80% bei Wecken in der REM-Phase).

Warum durchlaufen Kinder eine Phase, in der sie lernen zu lügen und dabei scheinbar unnötig Fantasie entwickeln müssen, ihre Lügen wahr anzustreichen. Hier ist die Antwort wohl nicht ganz so einfach. Natürlich läuft die Stärkung der Kreativität und Fantasie auf ein Training des Geschichtenerzählers hinaus. Gleichzeitig – und das zeigt das Video aus der Sendung von Harald Lesch <https://www.zdf.de/wissen/leschs-kosmos/ungelogen-die-wahrheit-hinter-der-luege-100.html> ja schön – trainiert diese Fähigkeit zur Lüge die soziale Kompetenz. Man belügt gerne andere, um sie vor der Wahrheit zu schützen. Zumindest sagt man ihnen nicht alles. Manche Wahrheit wird sogar mit ins Grab genommen und bleibt damit für immer ungesagt. Eine kleine Geschichte dazu:

Auf meinem Rückweg vom Einkauf treffe ich zwei Männer, beide etwa Mitte vierzig. Ich höre den einen, dem anderen seine Leidensgeschichte erzählen:

Einer: „Und dann hat mir der Arzt ein brandneues Antibiotikum verschrieben.“

Anderer: (reckt den Kopf etwas vor)

Einer: „Aber auch das hat nicht angeschlagen.“

Anderer: (Wann spritzt denn endlich das Blut?) „Ja und dann?“

Einer: „Nichts. Die Entzündung klang von selber ab.“

Anderer: (Nein, das darf doch wohl nicht wahr sein. So eine blöde Geschichte. Und dafür steh ich mir hier die Füße platt?) „Wirklich erstaunlich. Eine gute Konstitution. Alle Achtung!“

Ich erspare mir die Geschichte, die sich entsponnen hätte, wenn alle die Wahrheit gesagt hätten, erzähle nur den Schluss: Die zwei Männer lagen blutverschmiert am Boden. In der Ferne hörte man die Sirene eines Notarztwagens. Am nächsten Morgen las ich in der örtlichen



Zeitung ... nichts! ‚Aber gut, bei über 7,5 Milliarden Menschen auf der Welt‘, dachte ich. ‚Ok, in Rostock sind es vielleicht nur 200.000‘.

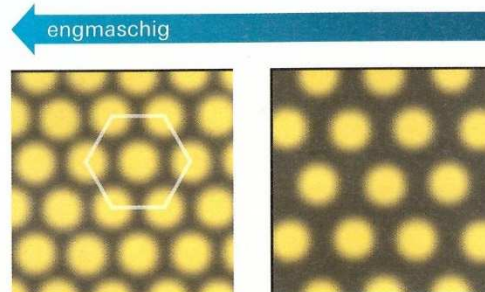
Pauli (ruft von nebenan): „Da sieht man einmal, was für eine hundsgemeine Repräsentation du in deinem Selbst von anderen Menschen hast!“

Ich erinnere Pauli an die Experimente zu falschen Erinnerungen der Psychologin Julia Shaw und weise auf eine Stelle in Christof Kochs Buch hin, in der er Experimente zur „Wahlblindheit“ beschreibt. Danach wählten Versuchsteilnehmer aus mehreren Gesichtern das aus, das ihnen am Besten gefiel. Anschließend sollten sie ihre Wahl begründen. Einigen zeigte man dazu ein gar nicht gewähltes Bild. Und die meisten begründeten trotzdem, fabulierten also eine Geschichte, die begründete, warum sie dieses Gesicht gewählt hatten, das sie nicht gewählt hatten. Pauli winkt ab: „Längst bekannt!“

In dem Spektrum der Wissenschaft 1.19 ist auch ein Artikel von den beiden Nobelpreisträgern May-Britt Moser und Edvard I. Moser, in dem sie ihre Entdeckung beschreiben, wie das Gehirn (genauer der Hippocampus und sog. Entorhinaler Kortex (schichtenartige Struktur nahe dem Hippocampus)) neuronale Karten zu unserer Umwelt speichert. Die Karten selbst scheinen im Hippocampus abgelegt zu sein. Im Entorhinalen Kortex sind u.a. sog. Gitterzellen. Das sind Neuronen, die feuern, wenn das Versuchstier einen Gitterpunkt in einer wabenartigen 6-Eck-Struktur, die das Gehirn anscheinend über die Örtlichkeit legt, erreicht. Diese Gitterstrukturen werden je Schicht dieses Kortex nach außen gröber (je Schicht um einen Faktor ca.  $\sqrt{2}$ ). Es gibt weitere Zellen für Abstände und Geschwindigkeiten, aber darauf müsste man in einem eigenen Newsletter eingehen. Was ich euch zeigen wollte, ist das Bild, aus dem die Forscher auf diese wabenartige Struktur geschlossen haben (schon etwas abstrahiert):

## Die Gitterzellen im entorhinalen Kortex

Die Stellen, an denen eine Gitterzelle aktiv wird, bilden bienenwabenartige Muster von Sechsecken. Deren Maschenweite vergrößert sich im entorhinalen Kortex von oben (dorsal) nach unten (ventral) schrittweise. In seiner obersten Schicht wird eine Gitterzelle wieder aktiv, wenn sich das Tier etwa 30 bis 35 Zentimeter von ihrem ersten Feuerort entfernt hat. Für die Neurone in der untersten Schicht hingegen muss es dafür einige Meter zurücklegen.



Ist es nicht erstaunlich, dass die Forscher reguläre 6-Ecke sehen? Ich sehe da lauter gleichseitige Dreiecke (würde meines Erachtens auch mehr Sinn machen, über eine ebene Fläche lauter gleichseitige Dreiecke fester Kantenlänge für eine Gitterstruktur zur Ortsbestimmung zu legen. Noch mehr Sinn würde es meiner Meinung nach machen, die Punkte nicht als die Eckpunkte zu betrachten, sondern als die Mittelpunkte der gleichseitigen Dreiecke, denn dann würde ein Neuron dem Aufenthalt in einem kleinen/mittleren/größeren Flächenstück entsprechen gemäß Unschärfe der Schicht des entorhinalen Kortex). So viel zum Thema Gestaltsehen in Bildern und dessen individueller Ausprägung.

Bevor ich zu Forschungsergebnissen zum Bewusstsein aus dem Buch von Christof Koch komme, zwei Anmerkungen zu physikalischen Sachverhalten, mit denen sich anscheinend auch Neurowissenschaftler herumschlagen (gemäß Buch von C.Koch).

Von dem französischen Mathematiker Laplace (1749-1827) stammt die Vorstellung, dass man den Ablauf der Welt berechnen könnte, wenn man zu einem Zeitpunkt alle Zustände der Objekte des Universums kennen würde. Heute wissen wir, dass diese Vorstellung Unsinn ist. Nicht nur dass wir seit Einstein wissen, dass es keine Gleichzeitigkeit gibt. 2 Ereignisse, die für ein Bezugssystem gleichzeitig erscheinen, sind es für fast alle anderen Bezugssysteme



nicht. Stellt euch vor, hier auf der Erde stünde ein Beobachter und auf einem Planeten irgendwo in der Andromeda-Galaxie ein zweiter. Und jetzt würde der erste das Zeichen geben, die Zustände der näheren Umgebung zu messen. Nach ca. 2 Millionen Jahren würde das Signal den zweiten Beobachter erreichen und er würde *jetzt* seinerseits die Zustände der näheren Umgebung messen ... Ihr seht schon, das wird nichts. Außerdem wissen wir durch die Quantenphysik, dass mit jeder Messung das betrachtete System verändert wird. Das bringt mich zum zweiten Punkt. In Kochs Buch wird für den Kollaps der Wellenfunktion in der Quantenphysik der sog. Beobachter ins Spiel gebracht und gefragt, ob das auch ein Affe sein könnte. Das ist natürlich Quatsch. Denn dann hätte es in Zeiten, in denen es noch keine Lebewesen gab, keine Quantenphysik gegeben. Der Kollaps der Wellenfunktion erfolgt auch nicht mit jeder Messung sondern mit jeder Wechselwirkung von Elementarteilchen (eine Messung ist ein Beispiel einer solchen Wechselwirkung). Stellt euch ein Photon vor, das von einem Quasar in einer Entfernung von 2 Milliarden Jahren auf den Weg zu uns war. Wäre das Universum nicht so unendlich leer, wäre es irgendwann längst gestreut worden (Beispiel einer Wechselwirkung). So aber war es in einer Superposition aller möglichen Wege unterwegs (zu uns, zum Mars, zur Andromeda-Galaxie und auch im Bogen zurück, alles mit entsprechender Bewertung gerichteter Wahrscheinlichkeit). Tja und dann geschieht das Wunder: Auf einer Fotoplatte irgendwo auf der Erde tritt eine Wechselwirkung mit einem Elektron auf, die Wellenfunktion kollabiert. Und weil das All so leer ist, geht es vielen Kollegen des Photons ähnlich. Und so kommt es, dass wir eine Spur des Quasars auf der Fotoplatte sehen. Daraus zu schließen, dass diese Fotoplatte ein ganz ausgezeichnetes System sein müsste, ist aber Unsinn. Überall daneben, in den Wüsten, den Wiesen, dem Meer gehen Photonen des Quasars nieder. Es gibt auch unzählige, die auf dem Mars landen oder in der Andromeda-Galaxie. Nur, das interessiert uns nicht. Wir sind blind dafür.

Aus diesen Gründen ist auch die Vorstellung, man könnte das Gehirn in einen Computer „downloaden“ Unsinn. Nicht nur, dass natürlich auf kleinster Skala quantenphysikalische Prozesse eine Rolle spielen (wobei Verschränkung, wie in Kochs Buch erwähnt, wohl kaum dazugehört, da Wechselwirkungen zu schnell wieder auftreten und damit die Verschränkung zerstören), sogar die Gleichzeitigkeit spielt dabei eine Rolle. Man kann/mag sich einen vollständig instrumentierten Kopf nicht vorstellen, also muss man wohl annehmen, dass das Gehirn 3D-gescannt wird. Damit hier minimale Zeit vergeht (sonst habe ich hier schon ein Gleichzeitigkeitsproblem), muss das blitzartig erfolgen. Der zugehörige Speicher müsste natürlich wesentlich mehr Bits haben als die ca. 1 Billiarde ( $10^{15}$ ) Synapsen, da der Zustand der Synapsen ja durch jede Menge Moleküle gegeben ist, deren Verteilung und Zustand ich abgreifen muss. Aber wir haben schon ein wesentliches Problem dabei übersehen. Nein, nicht, dass wir die Moleküle gar nicht kennen oder nur einen Bruchteil. Für das Abgreifen der Information ist eine irgendwie geartete Wechselwirkung mit den Elementarteilchen der Moleküle unseres Gehirns erforderlich. Ob unser Scanner dabei mit Neutrinos, Photonen oder sonstigen Elementarteilchen arbeitet, ist egal. Durch die Wechselwirkungen würde sich der Zustand unseres Gehirns ändern (vermutlich in Richtung Verdampfung). Dem würde entsprechen die Änderung der Strahlung, die im Blitz des Scanners in unser Gehirn eindrang und deren Resultat aufgesammelt werden muss im Scannvorgang (wobei eine Herausforderung sein dürfte, aus gestreuter Strahlung auf die Örtlichkeit ihrer Entstehung rückzuschließen). Eine einfache Anwendung dieses High-Tech-Scanners wäre, in einem Kubikzentimeter Luft die Position jedes Moleküls, seine räumliche Ausrichtung und seinen Impuls festzustellen. Und dabei die Gesetze der Quantenmechanik auf den Kopf zu stellen. Ich will die Illusion aber vollends zerstören. Laut Birbaumer/Schmidt<sup>1</sup> sind Gedächtnisinhalte nicht Zustände sondern Aktivitätsmuster von Zell-Ensembles, d.h. in zeitlichen Vorgängen dieser Zell-Ensembles gespeichert. Damit wäre ein Scannen eines Zustandsbildes des Gehirns ungefähr so sinnvoll

---

<sup>1</sup> Birbaumer/Schmidt: Biologische Psychologie, 7.Auflage / Abschnitt 25.3.2 Zellensembles und neuronale Oszillationen



wie das Einfrieren einer Millisekunde aus Beethovens 7. Sinfonie. Allen denen, die jetzt daran denken, Zustände des Gehirns über mehrere Sekunden zu messen und abzuspeichern, halte ich entgegen, dass wir doch schon festgestellt hatten, dass dazu nötige Wechselwirkungen den Zustand des Gehirns verändern würden. Der Zustand des Gehirns in einer 2. Messung wäre nicht mehr der, der sich ergeben hätte ohne den ersten Messschritt.

Ähnlich unsinnig ist die Definition des freien Willens, die auf Descartes zurückgeht, und die ich aus dem Buch von Christof Koch zitiere: ‚Man ist frei, wenn man unter identischen Bedingungen anders gehandelt haben könnte‘. Es ist klar, dass diese Definition Zeitschleifen voraussetzt, für deren Existenz es keinerlei Anzeichen gibt. Koch weist darauf hin, dass diese Definition heute keine Rolle mehr spielt (man kann nicht zweimal in denselben Fluss steigen).

Man sieht, daran, dass schon die Definition eines Begriffes unsinnig sein kann. Ob der Begriff Bewusstsein vielleicht auch in diese Kategorie fällt? Unser Gehirn erlaubt die absonderlichsten Abstraktionen. Ein Beispiel war das UN, die Verneinung an sich. Wie ist es mit ENT? Die Zweiteilung an sich? Beispiele finden sich in Entscheiden, Entfernen, Entzweien, Entdecken, Entteilen, Enten.

Und jetzt zu den Erkenntnissen von Christof Koch und dieser Theorie des Neurowissenschaftlers Tononi, die alles Phänomenale der Welt erklären können soll.

**Christof Koch** ist ein amerikanischer Neurowissenschaftler (geb. 1956). Er hat mit dem Physiker und Molekularbiologen Francis Crick zusammengearbeitet, um das Neuro-Korrelat des Bewusstseins zu erforschen, eine Art neuronale Essenz. Crick hat zusammen mit James Watson die Doppelhelixstruktur der DNA entdeckt (Nobelpreis 1962). Das Korrelat muss man sich vorstellen als das Teilnetz im Gehirn, das essenziell für Bewusstsein ist. Im Terminus der Mathematik wäre das der größte gemeinsame Teiler im Gegensatz zum kleinsten gemeinsamen Vielfachen (für Nicht-Mathematiker: Die Zahlen 28, 42, 70 lassen sich schreiben als  $2 \cdot 2 \cdot 7$ ,  $2 \cdot 3 \cdot 7$ ,  $2 \cdot 5 \cdot 7$ , also ist ihr ggT  $2 \cdot 7 = 14$  und ihr kgV  $2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 = 420$ ). Koch und Crick waren also primär am ggT interessiert, an Neuronennetzen, die an *allen* Bewusstseinsvorgängen beteiligt waren. Zum Vergleich: Dehaene erforscht primär die Grenze zwischen unbewusster und bewusster Wahrnehmung.

Ein Interview von Christof Koch (er spricht perfekt Deutsch – er hatte deutsche Eltern und studierte an der Uni in Tübingen) findet ihr unter:

<https://www.youtube.com/watch?v=GoK6hTEIUPQ>

Dort erwähnt er auch, dass die zunächst von Crick und ihm favorisierten 40-Hz-Schwingungen nicht die Quelle des Bewusstseins darstellen, sondern wohl Indikator für Aufmerksamkeit sind, einer Voraussetzung für Bewusstsein.

Kochs Buch ist gut zu lesen, vor allem weil es immer wieder Autobiographisches enthält. Es gibt aber auch ein paar Schludrigkeiten. Die erste führte zu einer leichten Magenverstimmung. Da heißt es (er wurde liberal-katholisch erzogen): „Mutter Kirche war eine ... moralisch unanfechtbare Institution“. Ich höre Pauli laut rufen: „Das ist ganz falsch!“. Später findet sich eine Passage zur Sprache: „Ein anderes allein dem Menschen vorbehaltenes Merkmal ist die Sprache.“. „Ok, ist gut, Pauli, reg dich nicht auf“. Pauli zeigte Anzeichen einer Schnappatmung. Man weiß seit längerem, dass viele Tiere eine Sprache haben. So verständigen sich z.B. Delfine über Klicklaute wie die San in Namibia und es scheint so, dass sie damit sogar Bilder kommunizieren können. An einer Stelle versteigt er sich zu der Aussage: „Unbewusste Verarbeitung ist weitaus weniger rätselhaft als Bewusstsein; es ist schließlich das, was Computer tun.“ Von diesen wenigen Schludrigkeiten abgesehen, ist das Buch sehr lesenswert.

Koch erwähnt in seinem Buch auch die „Spiegelneuronen“, d.h. jenes Phänomen, das als Anhaltspunkt für Empathie betrachtet wird – und das ich im letzten Newsletter, wo es auch um

Empathie ging, glatt unterschlagen habe. Wenn wir z.B. jemandem beim Essen zusehen, so kann es passieren, dass wir Kaubewegungen ausführen, mindestens aber, dass uns das Wasser im Mund zusammenläuft. Untersuchungen am Gehirn zeigen, dass tatsächlich Gehirnzellen aktiviert werden, die beim Essen aktiv sind. Ein ähnlich starkes Einfühlen, falls der Esser kotzen muss, ist nicht überliefert. Denkbar wären aber Glücksgefühle dazu, dass man dieses Gericht nicht gegessen hat. Dennoch, vieles ist ansteckend: Wir gähnen, wenn der andere gähnt, wir schämen uns, wenn sich der andere blamiert, führen ähnliche Armbewegungen aus, wenn wir den anderen sympathisch finden, oder wenn wir als Teil der Masse dem Führer huldigen. Der Beispiele sind viele. Im Prinzip, denke ich, könnte man das aber auch als Basis einer einfachen Kommunikation sehen, nach dem Motto: ‚Ich bin wie du‘ oder um es mit Roy Black zu sagen: ‚Du bist nicht allein‘.

„Da sieht man sie wieder, deine hundsgemeine Repräsentation anderer in deinem Gehirn!“ höre ich Pauli rufen. Ok, ich gebe zu, es ist wohl eher so, dass wir mit diesem Spiegelneuronen-Mechanismus unser Gehirn so trainieren, dass es dem des anderen ähnlich wird. Also bitte, meidet Trump!

Ein interessanter Begriff ist der der sog. Handlungskompetenz. Er spielt eine Rolle, wenn sich Menschen als Urheber einer (beabsichtigten) Bewegung sehen. Es geht um Experimente rund um dieses erste von Libet, das den freien Willen in Frage stellte. Ihr kennt das sicher alle: Zuerst ist die Absicht, dann die Ausführung, dann die bewusste Entscheidung – den Arm zu heben. Ja und über all dem das die Brust anschwellen lassende Gefühl der eigenen Handlungskompetenz. Und wer vermittelt uns dieses Gefühl. Richtig! Der Geschichtenerzähler. Er erzählt uns die Mär vom selbstbestimmten Akteur – und macht uns damit glücklich. Kann es sein, dass jede „erfolgreiche“ Geschichtenerzählung eine Art Zufriedenheitsgefühl bei uns auslöst? Dass wir deswegen süchtig werden können nach Geschichten?

Koch erwähnt in seinem Buch eine Diskussion mit dem in den 90er-Jahren verstorbenen Neurologen Volker Henn über die Frage, wie neurologische Vorgänge phänomenales Erleben hervorrufen können. Die alte Frage. Und was sagt Koch dazu? Er verweist auf die Theorie von Tononi. Dazu später mehr.

Eines von Kochs Ergebnissen ist, dass die Erkennung visueller Inhalte wie das Bild von Marilyn Monroe oder der Formel  $E=m \cdot c^2$  jeweils an ganz wenige Neuronen gebunden ist. Dies wurde durch Ableitung von Aktionspotenzialen festgestellt. Die Repräsentation also z.B. von Gesichtern würde demnach in kleinen Teilnetzen erfolgen. Diese Argumentation ist für mich nicht schlüssig aus folgendem Grund: Es könnte ein größeres Netz sagen wir von 1000 Neuronen für Gesichter geben, in der die Darstellung von Marilyn Monroe gerade die Aktivität zweier Neuronen  $N_1$  und  $N_2$  und die Inaktivität von  $N_3 - N_{1000}$  bedeutet. Für die Repräsentation von Obama könnte gelten  $N_3, N_4$  aktiv/Rest inaktiv, für Hillary Clinton  $N_5, N_6$  aktiv/Rest inaktiv, entsprechend für Jebb Bush, Ted Cruz etc. Während z.B. die Repräsentation von Trump die Aktivität von  $N_3 - N_{1000}$  und die Inaktivität von  $N_1$  und  $N_2$  bedeutet<sup>2</sup>, die von Papst Franziskus die Aktivität von  $N_1, N_2$  und  $N_3$  und die Inaktivität aller anderen. Nein, das muss dem Papst jetzt nicht peinlich sein. In dem Fall würden wir Kochs Ergebnisse reproduzieren (von Trump abgesehen), trotzdem wäre das speichernde Netz viel größer. Man muss auch der Inaktivität von Neuronen Information zuschreiben. Dies wird übrigens in Tononis Theorie der integrierten Information auch getan. Erwähnen möchte ich, dass Koch in dem Interview (siehe Link oben) selbst mehrfach darauf hinweist, dass auch die inaktiven Neuronen maßgeblich für eine abgerufene Information sind.

## **Tononis Theorie der Integrierten Information**

---

<sup>2</sup> Das entspricht natürlich der Wunschvorstellung von Trump, tatsächlich dürfte die Aktivität eines einzelnen Neurons für seine Repräsentation ausreichen



Zum Grunddisput zwischen verschiedenen Neurowissenschaftlern, Psychologen und Philosophen zum Thema Bewusstsein könnt ihr euch folgenden Artikel im Tagesspiegel zu Gemüte führen: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/koerper-und-seele-kann-eine-maschine-ein-bewusstsein-haben/11595550-2.html>

Der Verweis des Philosophen Roth auf die Evolution ist, denke ich, berechtigt. Viele Überlegungen der Neurowissenschaftler zum Bewusstsein ignorieren die Bedeutung dieses Phänomens im Rahmen der Evolution. Der Rest von Roths Vorstellungen zu mentalen Feldern ist für mich Geschwurbel. Nichts, was als Theorie irgendwelche Vorhersagen trifft, die man falsifizieren könnte. Für mich gehören diese Vorstellungen ins Reich der schönen Geschichten. Wie sieht das mit Tononis Theorie aus?

Laut Tononi hat ein informationsverarbeitendes System einen bestimmten Grad an Bewusstsein, der durch ein Maß  $\Phi$  gegeben ist. Die Definition, die in Kochs Buch angegeben ist, fand ich unklar. Er liefert dann einige Umschreibungen nach, wovon ich folgende für die griffigste halte:  $\Phi$  ist ein Maß für die Differenzierung des Systems bei gleichzeitiger Integrationsfähigkeit. Zu berücksichtigen ist, dass  $\Phi$  eigentlich die Summe dieser Maße über alle Partitionen (Zerlegungen in Teilmengen) von S ist und dass das Maß für einen gegebenen Zustand von S gilt. Da die Menge der Partitionen der Neuronen unseres Gehirns eine Zahl ist, die selbst übliche Zahlen zum Universum sprengt, verwenden wir eine sehr vereinfachte Sicht. Wir schreiben  $\Phi$  als:  $\Phi(S) = \sigma(S) * \psi(S)$ , wobei S das System bezeichnet und  $\sigma(S)$  das Maß der *Spezialisierung durch Teilsysteme* und  $\psi(S)$  das Maß an *Integration der Teilsysteme* bezeichnet. Das scheint zunächst nicht sehr erhellend. Es zeigt aber, dass hohe Werte von Bewusstsein dann gegeben sind, wenn die Maße von Separierung in Teilsysteme und gleichzeitig die Integration derselben hoch sind, was eine Art Balanceakt darstellt. Beispiele:

**Urwald des Amazonas:** Der Urwald des Amazonas bietet eine ungeheure Vielfalt an Arten und Biotopen, in denen diese miteinander leben. Trotzdem wird  $\Phi(S)$  für dieses System gering sein, da  $\psi(S)$  marginal ist. Die Biotope wären vielleicht vergleichbar mit Netzhaut und Sehrinde, in denen bei visueller Wahrnehmung komplizierte Prozesse stattfinden, die für sich aber kein Bewusstsein darstellen. Sie können zum Bewusstsein beitragen im Rahmen dieser lawinenartigen Aktivierung von Neuronen, wie sie Dehaene beschreibt. Für den Amazonas-Urwald gibt es aber nichts Vergleichbares, zumindest ist mir nichts bekannt.

**Internet:** Das Internet bietet eine Unzahl an Informationseinheiten verschiedenster Couleur. Die Webseiten des Teilbereichs World-Wide-Web sind die bekanntesten hierunter. Auch hier ist der Mangel an Integration Ursache dafür, dass man dem Internet kein Bewusstsein zuschreiben kann. Es gibt zwar jede Menge Vernetzung, aber ohne die Eigenschaft einer synchronen Aktivierung wie im menschlichen Gehirn, wenn Wahrnehmung bewusst wird. Die Vernetzung geschieht über Links. Diese verfolgt man bei einer Recherche zeitlich asynchron nacheinander. Das ist offensichtlich etwas anderes als synchrone Aktivierung. Es gibt Spezialfunktionen im Internet wie etwa Suchmaschinen (die einem Basisinformation zu Ergebnissen einer Suchanfrage synchron (je Seite) bereitstellt) oder auch Wikipedia, das ja für sich einen kleinen (Wissens-)Kosmos darstellt. Aber das ersetzt nicht die synchrone Aktivierung assoziierter Information. Man könnte natürlich daran denken, einen Interpreten zu schreiben, der die Assoziationen auflöst (bis zu einer bestimmten Assoziationstiefe) und uns den ganzen Müll an Information auf den Bildschirm knallt. Versuche dazu gab es. Aber es ist klar, dass man damit nichts anfangen kann – auch nicht mit den schönsten Baumdarstellungen. Was fehlt? Es fehlt der *Geschichtenerzähler*, ein Interpret, der das Assoziierte in eine schlüssige Geschichte formt, die wir uns durchlesen können. Puhhh! werdet ihr sagen. Welche Modelle soll denn der Geschichtenerzähler zu Grunde legen. Das ist klar: Die des Nutzers. Und woher kriegt er die? Auch klar: Über Daten sammeln, Daten sammeln, Daten sammeln – zum Nutzer. Und warum wird das nicht funktionieren? Weil wir die nicht im nötigen Maß hergeben. Also, so wird es nichts. Kann das Internet seine eigenen Modelle

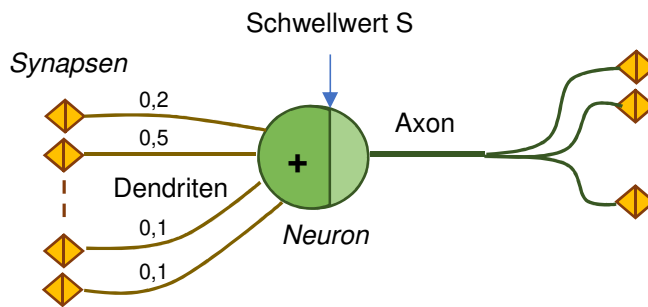
bilden? Das wäre denkbar. Teilbereiche des Internets könnten ihre eigenen Modelle entwickeln, mit deren Hilfe ein Interpreter zum Geschichtenerzähler würde. Damit diese Modelle mit unseren etwas zu tun haben, wir also Nutzen davon hätten, müssten anonymisierte Daten von uns zur Fütterung bereitgestellt werden. Dazu, denke ich, könnten wir bereit sein. *Wichtig ist, dass ein Mechanismus geschaffen wird, der die Modelle ständig weiter adaptiert – aufgrund fortlaufender anonymisierter Daten zu unserem Nutzungsverhalten.* Ein Grundproblem hierbei wird sein, dass eine Unzahl an Information zum System Mensch derzeit unberücksichtigt bleibt: Pupillenerweiterung (beim Betrachten geschlechtsspezifischer Bilder), Schweißausbrüche (etwa bei Besuchsankündigungen), Blutdrucksteigerung oder erhöhte Pulsfrequenz (wenn der Partner die Chips weggefressen hat) usw. Denkbar wäre aber, dass sich hier Freiwillige bereiterklären, sich instrumentieren zu lassen und damit die fehlende Info sozusagen stellvertretend bereitzustellen. Ihr denkt wahrscheinlich, dass das eine Jahrhundertaufgabe wäre. Aber ihr übersieht, dass in China inzwischen professionelle Bestäuber die Rolle der (fehlenden) Bienen wahrnehmen. Wenn man das Internet mit unserem Gehirn vergleicht, so fällt ein wesentlicher Unterschied auf: Die Information im Internet steckt in den Knoten, was den Neuronen entspricht. Im Gehirn steckt sie aber in den Verbindungen der Neuronen, den Synapsen. Diese entsprechen leider auch nur sehr eingeschränkt den Links im Internet, da letztere permanent sind, die Verbindungen im Gehirn aber adaptiert und trainiert. Links im Internet müssten also erst einmal qualifiziert werden. Oder der Interpreter wäre in der Lage, zu ermitteln, wie häufig Links genutzt wurden.

**Split-Brain-Patienten:** Bei Split-Brain-Patienten ist das Corpus callosum durchtrennt. Koch schildert Fälle, in denen ein solcher Patient konkurrierende Handlungen seiner beiden Hände erlebt. Wie sieht es mit dem Bewusstsein aus? Nach Tononi wäre der Wert  $\Phi(S)=0$  für  $S$ =Patientengehirn.  $\Phi(S_L)$  und  $\Phi(S_R)$  für linke Hemisphäre  $S_L$  und rechte Hemisphäre  $S_R$  wären dagegen von Null verschieden. Der Patient hätte also 2 Bewusstseinsinstanzen. Ob der Patient ein Bewusstsein von sich als Gesamtperson hat, ist unklar. Es ist auch die Frage, ob er/sie uns das beantworten könnte. Denn wenn wir mit ihm/ihr redeten, spräche seine/ihre Sprachinstanz in der linken Hemisphäre. Koch schildert das Gegenbeispiel von Zwillingen mit verwachsenen Schädeln: 2 junge Mädchen, deren Gehirne auf der Ebene ihrer Thalami verbunden sind. Er schreibt, dass jedes Mädchen Zugriff auf das hat, was die Schwester sieht.

Gemäß Tononis Theorie würde man vermutlich für viele informationsverarbeitende Systeme  $S$  einen Wert  $\Phi(S)>0$  erhalten (klein aber positiv). Es bliebe dann wohl den Ethikern überlassen, einen Schwellwert festzulegen, ab dem wir von der Möglichkeit von Bewusstsein sprechen. Das kann schwierig werden angesichts von Buddhisten, die jedes Lebewesen achten (auch wenn sie Bakterien achtlos zertreten), Hundeliebhauern und Menschen, die nur den Menschen zu Bewusstsein fähig sehen wollen, nicht aber Tiere, und Staatsmännern, die Mexikaner für Verbrecher und Vergewaltiger halten.

Koch schreibt in seinem Buch von dem Qualia-Raum, den Tononi einführt und dessen Dimensionen die Zustände wären, die das betrachtete System (dessen Bewusstseinsgrad untersucht wird) haben kann. Für ein einfaches binäres Schaltsystem mit  $N$  Schaltern hätte dieser Raum dann  $2^N$  Dimensionen. Dieses Konzept ist dem Zustandsraum der Quantenphysik nachempfunden. Der Qualia-Raum ist also definiert als mehrdimensionaler Raum, dessen Dimensionen Zustände sind und dessen Achsenwerte Wahrscheinlichkeiten. Zur Erinnerung ein Ausschnitt aus einem neuronalen Netz (modellhaft)





Das Neuron funktioniert wie ein Schwellwertaddierer. Übertrifft die Summe der Eingangssignalstärken<sup>3</sup> von den Eingangssynapsen den Schwellwert S des Neurons, feuert dieses und an Ausgangssynapsen (Eingangssynapsen für weitere Neuronen) bilden sich Potenziale, die je nach Durchlässigkeit (trainierte Synapsen) wieder Eingangssignalstärken für weitere Neuronen bilden. Wenn ich es richtig verstehe, sind die Zustände die Gewichte der Synapsen zusammen mit den Schwellwerten der Neuronen und deren Typus. Jede Kombination der Werte dieser Entitäten definiert eine Dimension. Betrachten wir nur die Gewichte der Synapsen. 0,2 ist eine Dimension an der obersten Synapse,  $\pi/4$ , 0,2212 usw. Selbst wenn man annimmt, dass Werte zu Konzentrationen relevanter Moleküle wie Neurotransmitter nur diskret sind, wäre die Menge der Zustände monströs. Nehmen wir an, die Anzahl unterschiedlicher Konzentrationswerte (von welchen Molekülen auch immer) wäre etwa 1000, dann wäre die Zahl der Zustände (nur bezogen auf die Synapsen):

$$1000^{10^{15}} = 10^{3 \cdot 10^{15}} \text{ (also eine 1 mit 3 Billionen Nullen hinten dran)}$$

Ich kenne derzeit nur einen, der mit ähnlichen Zahlen rechnet: Roger Penrose. Und zwar wenn es um funktionelle Freiheitsgrade des Universums geht. Aber es gibt sicher weitere Physiker, die das tun – und offensichtlich auch den ein oder anderen Neurowissenschaftler. Penrose verwendet solche Zahlen übrigens zum Vergleich verschiedener Theorien (wie Stringtheorie), nicht als absolutes Maß. Auch die Quantenphysiker rechnen in solch hochdimensionalen Zustandsräumen. Aber im Gegensatz zu den Neurowissenschaftlern haben sie gute Daten über die möglichen Zustände ihres Systems. Sie würden niemals versuchen, Zustandsräume zu komplexen Objekten zu betrachten.

$\Phi$  scheint leider ähnlich monströs definiert zu sein. Man muss alle Partitionen (Zerlegungen) eines Systems betrachten, dafür  $\Phi$  ausrechnen und dann aufsummieren zum Gesamt- $\Phi$ . Die Definition ist offensichtlich rekursiv. Das ist schon schlimm. Aber wirklich schlimm ist die Zahl der Partitionen einer Menge. Für den Fadenwurm *C. elegans* mit seinen 302 Neuronen gibt Koch die Zahl mit  $10^{467}$  an. Ich habe es nicht nachgerechnet, aber es ist klar, dass es eine riesige Zahl ist. Und jetzt stellt euch die Anzahl möglicher Zerlegungen von 100 Milliarden Neuronen vor. Das kann doch nur Bewusstsein ergeben, oder?

Ein sehr schönes Video zum Thema Bewusstsein auf ARTE möchte ich euch ans Herz legen. Der Link ist: <https://www.youtube.com/watch?v=Sz2YqxtR5Oo>

Damit schließe ich für dieses Mal bei vollem Bewusstsein mit einem Satz von Einstein zur Mathematik: *Insofern sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.*

<sup>3</sup> Es gibt auch inhibitorische Synapsen. Sie liefern (im Modell) negative Gewichte an ein verbundenes Neuron und hemmen damit u.U. dieses am Feuern