

LINKS [Vorwort]

Du kannst dir selbst suchen, was dir gefällt. Ich bin sogar überzeugt davon, dass jeder nach dem suchen sollte, was er mag. Ein wesentliches Privileg einer aufgeklärten Gesellschaft ist nach meiner Auffassung, dass jedes Individuum darin eine möglichst große Auswahl an erregenden Rätseln findet, die an seine Grenzen und darüber hinaus führen, ohne zermürendes Unwohlsein hervorzurufen. Eine herausragende Gefahr einer aufgeklärten Gesellschaft ist nach meiner Auffassung, dass ihre unverzichtbaren Freiheiten den Keim des Parasitismus nähren, dem zu trotzen jedem Individuum ein intellektuelles Immunsystem abverlangt, das nicht jedem Individuum eigen ist.

Manche Philosophen gehen in der Abwägung der soziologischen Interessen so weit, lieber ein mäßig bösartiges Glaubenssystem als Notbremse gegen gesellschaftliche Entgleisung zu stützen, als das Bewusstsein der Notwendigkeit der geistigen Freiheit aller Menschen zu fördern. In diesem Bereich meiner Netzrepräsentanz will ich die Debatte darüber aussetzen und stattdessen fremde Angebote für Spaß und Spiel für die jeweils eigenen Neuronen der Nutzer des Angebots in die Wahlurne werfen.

Zu einigen der hier vorgeschlagenen Angebote assoziiere ich meinen eigenen Gedankenquirl dazu. Die Architektur überlege ich mir später oder auch nie. Vielleicht kommt da ein neues Gehege im Bereich der Tierklinik des Zoos. Oder ich baue eine neue Einrichtung; eventuell wird es ein Hospital der Psychiatrie geben oder was auch immer, Hospiz, Palliativikum ...

Zuerst setze ich nur mehr oder weniger, ganz nach Laune, kurze Kommentare ab zum angestrebten Zweck: nackte Verknüpfungen auf Material von anderen Netz-Beitragenden zu listen. Es sind teilweise sehr beliebte Beiträge mit Millionen von Klicks und zum Teil exotische Mauerblümchen-Clips. Die Masse derer, die diese Beiträge angeschaut oder auch nur angeklickt haben, spielt keine Rolle. Masse ist ohne Gewicht im Raumzeit-Diskretum der digitalen Speicher. Es geht los mit dem groben Granulat:

[Arran Lomas](#) ist ein junger Brite mit einem sehr angenehmen Tonfall beim Erzählen seiner kleinen, typisch etwa je 15 Minuten dauernden Geschichten über Themen aller Art aus dem populärwissenschaftlichen Bereich. Stimmlage, Mimik und Gestik sowie sein adrettes, aber nicht überkandideltes Erscheinungsbild schaffen eine Wohlfühl-Atmosphäre und er findet eine gesunde Mischung aus musikalischer Untermalung, aussagekräftigen Videoszenen und graphischen Kollagen zwischen den Sequenzen, in denen er beim Sprechen selbst zu sehen ist. In der Schule ist er gescheitert und fand mit den Möglichkeiten des Internets seine Berufung: Stoffe, zu denen er sich autodidaktisch ein oft überraschendes Detailwissen mit allerdings interessanten Lücken und bisweilen durch den begrenzten Fakten-Umfang witzigen Fehlschlüssen angelesen hat, unterhaltsam zu lehren. Viele seiner über 300 Clips machen großen Spaß, fordern dazu heraus, selbst zu recherchieren und haben mir schon einige spannende Tatsachen nahegebracht, die mir unbekannt waren. Er wirkt erfrischend auf mich, gerade weil er kein Intellektueller ist, sondern seine Entdeckungen mit einer gewissermaßen kindlich-naiven Begeisterung einerseits frisch noch im Geburtszustand des eigenen Staunens mit angemessenem Tempo und gut austarierter Informationsdichte hinaus bläst, andererseits den jeweiligen Vortrag in gediegener, hochwertiger Präsentation sorgfältig vorbereitet hat.

Eine Übersicht zum Einstieg: [Thoughty2](#)

[Michael Stevens](#) ist ein amerikanisches Multitalent mit Hochschulabschlüssen in Neuropsychologie und Literatur sowie universitärer Kurserfahrung in Schauspielerei und Regie. Er recherchiert konsequenter und professioneller als Arran Lomas, bleibt in den Vorträgen mit höherer Disziplin an seinen Themen und geht faktisch strenger mit den Informationen um, ohne dabei weniger unterhaltsam zu erscheinen. Seine Präsentationen sind insgesamt reifer, dadurch aber auch anstrengender zu verfolgen. Das Risiko, seiner persönlichen Meinung in einen Beitrag aufzusitzen, als sei es ein belegbares Faktum, ist sehr gering, da er seine Aussagen meistens mit Nennung der Quelle sauber belegt (im Unterschied zu Arran Lomas). Dabei schafft er es, ebenso witzig zu sein und ebenfalls eine angenehme Atmosphäre zu schaffen.

Eine Übersicht zum Einstieg: [Vsauce](#)

[Derek Muller](#) ist ein kanadischer Wissenschaftler, der sich in Didaktik der Physik promoviert hat, nachdem er schulisches Scheitern mehrmals erlebt und seinen Traum, Filmschaffender zu werden, auch [zweimal verbockt](#) hatte. Geboren in Australien von südafrikanischen Eltern ähnelt sein Konzept oberflächlich betrachtet demjenigen von Michael Stevens. Seine Beiträge gehen aber noch einmal deutlich weniger in die Breite, sondern konzentrieren sich jeweils stark auf ein sehr spezielles Detail aus seinem überwiegend mathematischen oder physikalischen Themenschatz und bohren dort sehr tief meistens bis zum Grund des aktuellen Forschungsstandes. Dadurch wird ein sehr hoher Level an geistiger Arbeit beim Verfolgen der 'Lektionen' gefordert, ohne die Grenze zum reinen Unterricht, der ätzend langweilt, zu überschreiten. Wie schafft er diesen Spagat? Er startet jeden Beitrag mit einem drastischen Hinweis auf den nicht intuitiven Charakter des jeweiligen Lehrinhalts. Er sagt klar: siehst du, wir erwarten dies, aber es passiert nicht dies, sondern jenes. WHY? Diese Strategie hat er in seiner Doktorarbeit entdeckt, erforscht und ihren Wirkmechanismus erklärt. Sein Nickname geht auf dieselbe Wurzel zurück wie thoughty2: Veritasium ist das hypothetische Element 42 des imaginären Periodensystems der Abstrakta: elementum veritatis.

Eine Übersicht zum Einstieg: [Veritasium](#)

[Neil Oliver](#) ist ein wundervoll sympathischer, schottischer [Archäologe](#), der fesselnd und begeisternd vor allem über Kelten zu lehren versteht. Wie er das Englische artikuliert ergibt einen herzerreißend schönen Klang. Wenn er die Fakten der Geschichtsforschung an den Orten, an denen sich die dargelegten Ereignisse abgespielt haben, erzählt, spürst du seine Begeisterung, die dich mitnimmt auf die gedankliche Zeitreise. In Interviews spricht sich Neil Oliver gegen eine Trennung Schottlands vom United Kingdom aus, weil er sich als Brite fühlt, weil er für die Erhaltung der Einheit und gegen das Ziehen neuer Grenzen ist. Deine Heimatliebe setzt er deutlich von Nationalismus ab, gegen den er in jedem Fall opponieren will und muss. Seine Stellungnahme macht ihn plötzlich zur Unperson. Er gehört nicht nur keiner politischen Partei an, sondern er hat in seinem Leben schon beinahe alles irgendwann einmal gewählt: grün, konservativ und links. Er entscheidet das jedes Mal aus dem Kontext und nicht durch Bindung, Dogma, Fanatismus oder Prinzip.

Eine Übersicht zum Einstieg: [Neil Oliver](#)

[Walter Lewin](#) ist ein holländischer Kernphysiker, der sehr witzige Vorlesungen gehalten hat, bevor ihn seine UNI rausgeworfen hat: [me too](#) ... regelmäßige Vorlesungen von guten Professoren für breites Publikum haben im angelsächsischen Raum große Tradition und werden bisweilen immer noch gepflegt. Wir kennen im Land der Dichter und Denker diesen Veranstaltungstypus kaum. Kaum jemand, der weder lehrt noch studiert, betritt in Deutschland jemals eine Universität. Das spaltet, grenzt ab, entfremdet ein Volk von dem, das wir seine geistige Elite nennen. Alarm?

[Sabine Hossenfelder](#) wird nur einem engeren Kreis Spaß machen, aber ich habe manchmal Lust, ihr zuzuschauen, wie sie um sich drischt ;-) Toll ist, dass ihr Vortrag an der Uni Stuttgart genau dieser Typus von Vorlesung fürs Volk war, den es braucht: guter Wissenschaftler erklärt Laien den aktuellen Stand in seinem Fach. Das ist gerade noch nicht populärwissenschaftliche Angeberei, aber auch nicht mehr abgehobener Hirnmarathon für Mathe-Elite. Eine Gratwanderung also, die der Tuchfühlung des Hörsaals bedarf und denen nicht gelingen kann, die sich schon für eine der beiden Flanken des Grates entschieden haben: Entertainer und Öltanker-Kapitänen.

[Günther Paal](#) schafft es, knallharten Stoff der Philosophie als Kabarett zu verkaufen. Ein Ausnahmetalent in witziger Rhetorik zu trockener Substanz! Gunkl erschafft eine einzigartige Darstellungsform, die aus mühsam recherchierten Details wissenschaftlicher Fakten, ebenso wirkungsvoller wie sparsamer Gestik + Mimik und lyrisch auf Hochglanz polierter Rhetorik den Menschen hinter seiner Darstellungskunst als mystisches Ideal verschwimmen lassen: du weißt nicht, ob er das alles verstanden hat, was er da erzählt, aber du glaubst, es zu spüren. Und das ist dann echt, weil er dich mit dieser Unschärfe seiner selbst in deine eigene Hirnhaut zurück schmettert.

[Gerhard Polt](#) kann kein alter Hut werden, weil er ein Gespür dafür hat, uns vorzuführen. Er ist eine der seltenen Lichtgestalten, die nie predigen oder missionieren zu brauchen, weil du das selbst in deinem Kopf unternimmst, wo so was hingehört, sobald er loslegt, dich zu spielen und mich. Bei Gerhard Polt geht es nicht um Wissenschaft, sondern ausschließlich ums Mensch Sein. Jeder seiner Rollencharaktere ist ein Arschloch wie ich, ich bin in diesen Typen drin, ich war ja dabei, kannst du mir glauben, ich hab 's gesehen!

LINKS [Vorzugsbeispiele]

Link zum Clip		Kurze Reflexion zum inhaltlichen Aspekt, der mich herausragend kitzelt	Bezüge
Thoughty2 1	A	Bienen sind unsterblich, außer in Hawaii ... was wir brauchen sind Katzen	B
Thoughty2 2	B	Bienen sterben in dramatischer Geschwindigkeit aus, weltweit Notstand!	A
Thoughty2 3	C	Korrelationen zwischen Dummheit, Selbstgefälligkeit und Geselligkeit	D
Thoughty2 4	D	Vertiefung der Beziehung zwischen Intelligenz, Glück und Geselligkeit	C
Thoughty2 5	E	Risiko und Nutzen intellektueller Automaten zur Abkürzung: Vorurteil	
Thoughty2 6	z	Klassische Aufzählung von 'Rekorden'; hübscher, irrelevanter Schluss	
Vsauce 1	F	Wahrnehmung: Kommunikation der Hirnhälften – split brain – déjà vu	
Vsauce 2	G	Überraschende Irritationen zum Planeten Erde: unvorstellbar groß	
Vsauce 3	H	Wahrnehmung: von optischen Illusionen zur Kontrollillusion	K
Vsauce 4	I	Wunderbare Vervielfältigung überabzählbarer Seeigelstacheln; >33 Mio!!	
Vsauce 5	J	Der Teufel schießt immer auf denselben Haufen: Lies die Quellen dazu!	
Veritasium 1	K	Fest verdrahtete Vorurteile: neuronaler Interpretierer vs. sensorischer Reiz	H
Veritasium 2	L	Ordnung wird Chaos, ein universell gültiges Gesetz für Wachstum? Fast.	
Veritasium 3	M	Hintergrund zu Feynman-Diagrammen, Quantenfeldern, Dirac-Gleichung	
Veritasium 4	N	Penrose-Parkettierung als Visualisierung transzendenter Zahlen	
Veritasium 5	O	Schwimmen im Trinkwasserreservoir ist verboten, klar. Motorboot geht.	
Neil Oliver	P	The Celts Episode 1 , Episode 2 , Episode 3 ; Scotland and the Klan	
Walter Lewin	Q	Wenn du nicht weißt, was π ist, solltest du das Pendel überspringen	
Hossenfelder	R	Bockfotzen für Kollegen, die sich selbst der Elite der Physik zurechnen	
Gunkl 1	S	Die großen Kränkungen der Menschheit /1 /2 /3 /4 /5 /6 /7 /8	
Gunkl 2	T	Kristallklare Logik für Vorsprung durch Skrupellosigkeit: Effektivität	
Gunkl 3	U	Optimum unterdrückter Fragwürdigkeit stabilisiert Klans, Sekten etc.	
Gunkl 4	V	Auch was, das ist, wo 's aus ist: Transzendenz des Geistes der Bosheit	
Polt 1	W	Sag uns am Oktoberfest brutal, wie wir sind, dass wir uns totlachen	
Polt 2	X	Weißwurstsenf ist das Neuroleptikum fürs ganz normale Klimakterium	
Polt 3	Y	Vorteil der Investition in den Menschen: er beugt sich, der Mensch, für ...	
Polt 4	Z	Scheißdreck vom Heuschreck mit Pfefferminzsoße – schwieriges Erbe	

LINKS [Einzelbeispiele anderer Akteure]

Link zum Clip		Kurze Reflexion zum inhaltlichen Aspekt, der mich herausragend kitzelt	Bezüge
David Tong	a	Universums Baukasten: Quantenfelder; Theory of Everything	
Mandelbrot	b	Apfelmännchen, Julia-Menge, fraktale Dimensionen, Pixar	
Grandin 1	c	Zivilisationen sterben an Kadenz oder an Dekadenz	
Grandin 2	d	Gesellschaft braucht Spezialisten, Erfolg baut auf Autisten	
Jill B. Taylor	e	Linkes Gehirn und rechtes Gehirn aus erster Hand, oder?	
P. Johansson	f	Stellung zu beziehen und sie selbst zu widerlegen ist 'normal'	
B. Schwartz	g	Solarisationseffekt der Wahl, Relativitätstheorie der Freiheit	
G. Anderson	h	Historische Sicht auf Relativität der Wahrnehmung	
Harald Lesch	i	Physiker unterhält schnoddrig mit Stammtischargumenten	
Veritasium	j	Schulterschluss zwischen Demokratie und Industrie vs. Volk	
Lara Boyd	k	Gleichschaltung und Simplifizierung vs. Gehirn-Realität	
Veritasium	l	Die Konvention zur Umgehung eines Zirkelschlusses	
Hans-P. Dürr	m	Es gibt nichts Unschöpferisches	
Jürgen Ehlers	n	Gravitationswellen-Experiment in Hannover	
Kreiselstreit	o	Einsamer Theologe gegen Gunkl, Physiker und Psychologen	
Berge Englert 1	p	COLLOQUIUM: what do the data tell us?	
Berge Englert 2	q	No qualms about quantum theory	
Harald Fritsch	r	Naturkonstanten	
David Kriesel 1	s	Traue keinem Scan, den du nicht selbst gefälscht hast	
David Kriesel 2	t	Reverse Engineering von Spiegel-Online	
David Kriesel 3	u	BahnMinig – Pünktlichkeit ist eine Zier	
Veritasium	v	What does it REALLY take to be successful?	
	w		
	x		
	y		
	z		

Mehr zu Hans-Peter Dürr: [Wirklichkeit vs. Realität](#)

ANHANG

Die Einlassung auf Beiträge von Menschen, die das Bedürfnis verspüren, sich weltweit exhibitionistisch zu betätigen, unterscheidet sich vom bloßen Konsum. Lernen passiert nicht passiv. Zu lehren, zu gestalten, zu unterhalten und dergleichen mehr sind alles exhibitionistische Tätigkeiten, deren Maß an Befriedigung wesentlich an den Trieb gekoppelt ist, andere Menschen mit sich selbst zu infizieren. Es gibt also einen gemeinsamen Nenner von Wissenschaft, Kunst und Produktion. Beim Lernen ist jeder auf sich selbst zurückgeworfen. Außer beim Erlernen von Sozialkompetenz. Das sind keine Feststellungen, sondern Fragen. In diesem Sinne reflektiere ich, was ich mitgeteilt bekomme. Youtube enthält vielleicht ein bisher maximales Maß an Entropie unter allen spirituellen Errungenschaften der Menschheit. Nirgendwo sonst erreicht eine solche Masse purer Idiotie ähnlich große Massen an aufgeschlossenen Schafen. An Youtubes Reichweite in die Masse unbeholfener Dummköpfe hinein, deren Individuen versehentlich über ihnen völlig unzugängliche Schätze stolpern, dürften nur Institutionen mit religiöser Ausrichtung herankommen. Youtube ist ein privates Unternehmen. Der Eigentümer dieses Unternehmens kann alle Daten analysieren, die dir oder mir gar nicht oder nur in unbedeutend winzigen Ausschnitten zugänglich sind. Der Eigentümer dieser Plattform kann gestalten, welche Benutzer mit jeweils welchen Profil-Eigenschaften durch welche Vorschläge verleitet werden. Das braucht er nicht zu nutzen, der Veranstalter, kann er aber. Alleine bereits die Möglichkeit, das Verhalten der Nutzer in Statistiken auszuwerten, die tatsächlich schon in den Bereich kommen, in dem du von Ensembles sprechen kannst, bringt dem Betreiber dieser Plattform in eine hegemoniale Position. Ein Querschläger in diesem Zusammenhang könnte David Kriesel werden, der als Nutzer ohne Eigentümer-Status an Netzdaten Analysen durchführt.

Die Kommentare

Seite	Themen, die als roter Faden miteinander verknüpft werden
10	[i] <i>Harald Lesch: Das Licht der Welt</i>
35	[j] <i>Derek Muller: How Kodak Exposed The Atomic Bomb</i>
37	[f] <i>Petter Johansson: Do you really know why you do what you do?</i> [g] <i>Barry Schwartz: The paradox of choice</i> [C] <i>Arron Lomas: The Truth Why Stupid People Think They're Smart</i>
93	[m] <i>Hans-Peter Dürr: Es gibt nichts Unschöpferisches</i> [a] <i>David Tong: Die wirklichen Bausteine des Universums</i> [n] <i>Jürgen Ehlers: Einstürzende Doppelsterne</i> [p] <i>Berthold-Georg Englert: COLLOQUIUM: what do the data tell us?</i> [n] <i>Berthold-Georg Englert: No qualms about quantum theory</i> [U] <i>Günther Paal: Gunkl war DA!</i>

Die Selbstdarstellung

LINKS [Kommentare]

[i] *Harald Lesch: Das Licht der Welt*; öffentlicher Vortrag an der Universität Stuttgart 2015. Am Beispiel des Vortragsstils von Harald Lesch mag es mir vielleicht besonders leicht gelingen, deine Sensibilität für Qualitätsmerkmale nach meinem Wertekatalog zu schärfen. Zunächst: ich schaue mir Clips von und mit Lesch sehr gerne an. Sie dienen meiner Unterhaltung. So sehe ich auch seine Rolle: Entertainer. Um diese persönliche Kategorisierung sichtbar zu machen, eignet sich der verlinkte Auftritt unter anderem auch deshalb herausragend gut, weil er unmittelbar mit den Auftritten von Walter Lewin, Sabine Hossenfelder und David Tong, die dem etwa gleichen Vortragstyp angehören, vergleichbar ist. **[Q, R, a]**

Ich greife die Episode des Vortrags von Harald Lesch heraus, in der er seinen Gegenstand zur Sprache bringt. Seine Aussagen ab [28:07](#) sind chronologisch aufgereiht diese: „[...] die Aufgabe dieses Vortrags soll sein, ihnen zu erklären, [...] wie dieses Licht in die Welt gekommen ist. [...] Es ist völlig falsch, [...] dass am Anfang da ein riesengroßes Licht gewesen ist. Der Anfang des Universums war dunkel. Und zwar völlig unsichtbar. [...] Der Beginn des Kosmos [...] war unglaublich hell, nee, er war nicht unglaublich hell, er war unglaublich energiereich und da gibt 's so gut wie keine Photonen, die wir als sichtbares Licht identifizieren würden. Da gibt 's nur Gamma-Quanten, Röntgenstrahlung, irgendwas völlig Unsichtbares, aber der Anfang von allem war total dunkel. [...] Der Anfang von allem ist der Urknall und der ist der ultimative Lichtproduzent.“ [29:50](#).

Ich weiß, was er meint. Bilde ich mir ein. Dann wieder nicht. Er setzt voraus, sein Publikum übernehme für ihn die Aufgabe, zwischen den beiden für 'Licht' üblichen Interpretationen 'VIS' (für den Menschen sichtbarer Spektral-Ausschnitt zwischen etwa 400 nm und 700 nm) und 'TEM' (für alle Wellenlängen dieses Spektrums) zu unterscheiden. Du musst, um nicht durch die inkonsistente Verwendung der Begriffe in einem Lesch-Vortrag komplett verwirrt zu werden, seine Wörter in deinem Hirn dauernd im Rahmen ihrer Bedeutungs-Unschärfe hin und her switchen. Wenn der Urknall '*unglaublich energiereich*' gewesen ist, so dass dabei '*Gamma-Quanten, Röntgenstrahlung, irgendwas völlig Unsichtbares*' den Raum erfüllte, fragt sich das unbelastete

Hirn instinktiv, wie warm es wohl gewesen sei. Das vorbelastete Gehirn denkt an die Energieverteilung, die Ludwig Boltzmann gefunden hatte. Dann schleicht sich die Erinnerung ans Strahlungsgesetz von Max Planck ... nach welchem Gesetz gibt es in einem Gebiet mit unglaublich hoher Energiedichte keine Photonen aus dem VIS, wenn irre viel Röntgenstrahlung da ist?

Da fällt interessierten Laien und physikalisch Vorbelasteten die Inversion eines gepumpten Lasers ein. Die 'hohen' Niveaus stärker besetzt als die 'niedrigen'. Gerade hatte Lesch mit zwei Lasern gespielt und das Akronym mehrmals aufgelöst genannt, ohne zu erklären, was 'stimulated emission' sei. Das wäre hilfreich, denn dafür gab es den Nobelpreis an Einstein: seine Interpretation der Planck-Formel durch quantisierte Lichtteilchen, die Photonen. Das war vermutlich die entscheidende Inspiration zur Entwicklung der Quantenphysik: Plancks Entwicklung der Formel und Einsteins Interpretation dazu. Das hängt also alles gut nachvollziehbar miteinander zusammen: das von Lesch ohne Erklärung genannte '*Photon*', die von Planck ohne substantielle Erklärung entdeckte Konstante des *Wirkungsquantums* h , das Spektrum des Schwarzen Körpers im thermodynamischen Gleichgewicht und die Anwendung der Quantenmechanik in der Laser-Technologie.

Der Urknall war wohl weder ein thermodynamischer Gleichgewichtszustand noch ein Hohlraum. Dennoch: wenn es eine hohe Temperatur gehabt hat im Urknall, dann wird es doch wohl auch sichtbares Licht gegeben haben. Nein? Warum ist es dunkel? Es geht nicht nur mehr um verwirrende oder gar falsche Begriffsverwendung. Lesch ist es wahnsinnig wichtig, die 'Dunkelheit' des Urknalls missionarisch zu beschwören, mit Seitenhieb auf die Religion derer, die sich als Experten der Genesis aus dem ersten Buch Moses präsentieren. Er selbst als überzeugter 'vom Scheitel bis zur Sohle Protestant' weist seine Religionsführer in die Schranken: predigt gerne meinen Gott, aber überlasst die Erklärung der profanen Welt mir und meinen Kollegen aus der Physik. Seine Anmeldung dieses Anspruchs gerät ihm so lässig, dass schon die Prämissen falsch erscheinen. Er hat die Hand voller Trümpfe, was soll er sich da noch mit Sorgfalt aufhalten? Er bewirft sein Publikum mit überraschenden Tatsachenbehauptungen, bringt es zum Staunen, aber ich weiß immer noch nicht, wie zusammenhängt, was er behauptet ... Sensationelles Faktum – wirkungsvoll – oh, leider ein bisschen falsch? Egal, weiter so. Gleich ab [29:55](#):

„Wie kommt das Licht aus den Sternen raus. [...] Die Sonne ist ein G-Stern. G steht für 'guter' Stern. [...] Es gibt O, B, A – O und B sind Riesensterne, die haben schon mal eine Oberflächentemperatur von vierzigtausend Grad, stellen sie sich mal vor, unser Stern hätte eine Temperatur von vierzigtausend Grad. Vierzigtausend Grad! Der wäre blau. Der wäre vor allem ziemlich ultraviolett und selbst mit einer ordentlichen Ozonschicht würden sie hier nicht sitzen. Was passiert, wenn zu viel Ultraviolettstrahlung auf deine Haut knallt? [...] Sonnenbrand. Und stellen wir uns vor, wir hätten nicht so einen schönen, gelb-grünen Stern wie unseren, sondern einen blauen. Dann würden sie hier nicht sitzen.“ 31:20 - in knapp dreieinhalb Minuten einen solchen Haufen Stammtisch-Parolen abzusondern ist eine Gabe, die du unter Akademikern suchen musst. Kurze Analyse einiger Details dazu:

Die Temperaturangabe ergibt hier erst im Kontext mit dem Planck-Spektrum einen Sinn. Lesch hat dem Laienpublikum weder die Abhängigkeit der Lichtfarbe von der Temperatur des thermischen Strahlers erklärt, noch einen Vergleichswert genannt, der jemandem erlaubt, die Angabe „40000 Grad“ zu irgendwas Bekanntem in Beziehung zu setzen. Er hat die Sonne als „gelb-grün“ charakterisiert, ohne diese Farbe mit dem Maximum der Planck-Kurve eines Schwarzen Körpers bei 6000 Grad in Verbindung zu bringen. Ohne jeden noch so kleinen Hinweis auf die physikalisch relevante Verknüpfung zwischen Temperatur und Spektrum vergleicht er implizit eine Temperatur mit einer Farbe. So entspricht es esoterischem Gefasel.

Wenn der Urknall, der keinerlei sichtbare Photonen freisetzte, der '*ultimate*' Lichtproduzent war, dann kommt das Licht der Sterne vom dunklen Urknall, richtig? Insofern frage ich mich an dieser Stelle des Vortrags eher, wie dieses Licht in die Sterne hinein kam, bzw. wie die Sterne es machen, dass aus dem unsichtbaren Licht der letzten relevanten Quelle 'Urknall' dann Sonnenlicht wird. Zweifellos ist das Bild, das Lesch versehentlich durch seine selbstgefällig schnoddrige Stammtisch-Rhetorik entwirft, nur für flache Geister irgendwie faszinierend, Geister, die nicht mitdenken. Er redet mich platt in meiner volksnahen, populistischen Sprache voller mehrdeutiger Ungereimtheiten, die burschikos frech wirken, mich zum Staunen erregen sollen und er selbst tritt in der Haltung des Allwissenden auf, der genau versteht, wovon er spricht und der es für mich Idiot herunter bricht auf mein Idioten-Niveau.

Tut er aber nicht, herunterbrechen; tut nur so. Tatsächlich tischt er unnötige Scheinweisheiten auf, die so nicht stehen bleiben dürfen. Klärt er das dann in den Abteilungen später auf, wenn sein Vortrag die Themen der Ouvertüre detailliert vertieft? Wird er zum Beispiel auf die Tatsache eingehen, dass Leben, das sich auf dem dritten, viereinhalb Milliarden Jahre alten Planeten eines G-Sterns im Abstand von fünfhundert Lichtsekunden über einen Zeitraum von über drei Millionen Jahrtausenden erstaunlicher Stabilität der physikalischen und chemischen Zustände entwickelt hat, extrem genau an eben diese Zustände der sogenannten Umwelt angepasst haben muss, so dass ad hoc zu erwarten ist, dass eine abrupte Änderung des Sterns zu einem O-Stern freilich eine Vernichtung all diesen spezialisierten Lebens bringen muss?

Leben wird keinerlei Energie verschwenden, um sich gegen eine physikalische Unbill zu immunisieren, die niemals eintreten kann. Für evolutionäre Entwicklung gibt es keine prophetisch wirksame Prophylaxe, sondern nur die Reaktion auf konkrete Reize. Daher ist das Gedankenexperiment, unsere Sonne 40000 Grad heiß zu denken, in dieser Richtung unsinnig. Umgekehrt kannst du fragen, ob Leben von der Komplexität der Säuger auf einem Planeten entstehen kann, dessen Zentralstern ein blauer Riese wie der aus Leschs 'stell-dir-vor'-Beispiel ist; ein O-Stern mit vierzigtausend Grad Oberflächentemperatur hat mindestens fünfzig Sonnenmassen und lebt, wenn 's hoch kommt, wenige Millionen Jahre als O-Stern, dann ist er ausgebrannt und explodiert als Supernova. Die Erde musste nach ihrer Entstehung zuerst einmal mehr als eine Milliarde Jahre abkühlen, bevor sich die ersten Aminosäuren auf ihr zusammenfügten, ohne verbrannt zu werden. Diese Zeit ist ungefähr hundert Mal so lange, wie ein O-Stern überhaupt lebt. Damit ist deine Frage beantwortet: Leben, wie es für uns derzeit denkbar ist, das aus unvorstellbar (!) komplexen Molekülen Organismen mit der Fähigkeit zur Selbst-Reproduktion errichtet, braucht wenigstens ein Mehrfaches der Lebensdauer eines O-Sterns als Vorlauf, um die organische Chemie der Bausteine auf dem abkühlenden Planeten vorzubereiten. Es wird extrem unwahrscheinlich sein, dass im hochgradig dynamischen Umfeld eines O-Sterns ein Planet, egal in welcher Entfernung zum Zentralgestirn, Leben entwickelt. Aber stellen wir uns das Szenario doch einfach mal vor: sei ein Planet eines O-Sterns Heimat komplexer Lebewesen. Sie hätten freilich nur entstehen können, wenn sie fähig wären, UV-Strahlung [zu tolerieren](#).

Es grenzt an plakative Demagogie, so etwas Komplexes wie den Menschen aus seinem evolutionären Kontext zu reißen, dann aber eine gerade durch diesen Kontext erworbene Eigenschaft zu verwenden, um daran die Unmöglichkeit eines davon unterschiedlichen Kontexts zu zeigen. Holz schwimmt auf Wasser. Eisen geht im Wasser unter. Würde jemand ein Schiff aus Stahl bauen, ginge es beim Stapellauf sofort unter. Was ist schief daran?

Sonnenbrand, der Klassiker, entsteht auf der menschlichen Haut durch eine Überdosis an UV-Strahlung. Die Überdosis entsteht unter gegebenen, terrestrischen Realbedingungen schon aktuell relativ leicht durch eine Kombination aus drei dominierenden Tatsachen:

1. Der Mensch hat kein Fell, das UV-Strahlung hindern würde, die empfindlichen Moleküle tiefer Hautschichten zu spalten. Dazu ist es wichtig, sich klarzumachen, welche Bindungsenergien in organischen Molekülen der betroffenen Schichten typisch sind. Du findest, dass die Photonenenergie von UV-Quanten im Bereich dieser chemischen Bindungsenergien liegt. Also schließt du korrekt, dass Lichtteilchen aus dem Spektralbereich des UV Zellen mit relevanter Rate schädigen können, wenn du sie ohne Schutz (wie dem Fell) applizierst.
2. Der Mensch in der ersten Reihe der Zuschauertribüne im großen physikalischen Hörsaal der Uni Stuttgart hat keinen ausreichenden, evolutionär im Erbgut verankerten Ersatz für den Schutz vor UV durch das Fell, das ihm durch die Entwicklung seiner Art schon in der Reihe seiner Ahnen aus dem genetischen Code gestrichen wurde.
3. Auf dem Gebiet, in dem dieser junge Mann lebt, kommen mehr UV-Photonen pro Quadratmeter und Sekunde an, als seine ungeschützte Haut verträgt.

Zu 1: Die Frage, wie es dazu kommt, dass der konkrete Mensch in der ersten Reihe des Hörsaals beim Vortrag Leschs eine Haut hat, die keine große Menge an UV pro Zeit verträgt, ist zuerst unter dem Aspekt zu lösen, dass Vorgänger dieses Individuums ein Fell als Schutz besaßen. Offensichtlich hat der junge Mann kein Fell. Wie konnte er ohne Fell zur Welt kommen, wenn doch die Sonnenstrahlen dann schon seine Haut schädigen, wenn die Sonne nur ein G-Stern ist? Weil sein Hirn riesig ist, sogar relativ gigantisch!

Die Entwicklung der für die Überlebenschancen ausgesprochen vorteilhaften, kognitiven Fähigkeiten wird bei solchen Individuen, die weniger Fell besitzen, optimiert. Das hat mit der Effektivität der Kühlung zu tun. Schütterere Behaarung des Körpers erhöht die Flexibilität des Organismus, die Körpertemperatur zu regulieren. Ein Körper, der schneller größere Mengen an Abwärme loswerden kann, ist fähig, größere Denkleistungen zu vollbringen, die ohne effektive Kühlung zur Überhitzung des Organismus führen würden. Abwärme entsteht zum Großteil durch die Tätigkeit der Muskulatur bei der Umwandlung von Zucker in den Zellen. Die Neuronen nutzen dieselbe Art der Energie-Umwandlung, um Denkprozesse anzutreiben. Bei der Erhöhung der Denkleistung werden entsprechend mehr Watt an Abwärme produziert, die den Körper aufheizen. Einige Eiweiß-Verbindungen des menschlichen Organismus gerinnen bei Temperaturen, die 42 Grad Celsius dauerhaft überschreiten. Daher darf die Körpertemperatur nicht über diese kritische Grenze ansteigen. Um sicherzustellen, dass du nicht heißer wirst als etwa 42° Celsius, bist du mit einem Regelkreis ausgestattet, der Thermoregulation. Wenn aber der Organismus mehr Wärme erzeugt als deine Oberfläche an die Umgebung abgeben kann, heizt du dich auf, bis du kollabierst und stirbst. Da sich das Denken als herausragend effiziente Methode im Kampf ums Überleben erwiesen hat, hatten Individuen mit weniger dichtem Fell wegen des größeren Kühlpotenzials entscheidende Vorteile dabei, intensiver zu denken, also besser zu analysieren, konsequenter zu planen, schneller zu erkennen, wo Nahrung ist und wie Gefahren ausgewichen werden kann. Insbesondere konnten diese Individuen auch noch in großer Umgebungshitze ihre kognitive Überlegenheit aufrecht erhalten, wurden also unabhängiger, freier von Umweltbedingungen. Der Nachteil, bei tiefen Temperaturen zu frieren, kann mit Grips im Schädel kompensiert werden: du lernst, isolierendes Material zu nutzen, Feuer zu machen und sich wiederholende Ereignisse zu deuten, so dass du rechtzeitig Höhlen aufsuchst, wenn es nach bevorstehendem Wettersturz aussieht. Das ist bereits Programm des wissenschaftlichen Denkens: korrekt vorzusehen, was unter den gegebenen Umständen sehr wahrscheinlich passieren wird. Notwendig dazu ist eine gute Analyse der Zusammenhänge, die in vergleichbaren Situationen möglichst objektiv beobachtet wurden. Heraus kommt dann Technologie: die Anwendung der gesicherten Erkenntnisse zur gezielten, planvollen Änderung der Weltprozesse für die Optimierung des Eigennutzes. Verstand ist eine unübertreffliche Waffe.

Die Lebensbedingungen, unter denen der Mensch entstanden ist, favorisierten Individuen, in deren Entwicklungslinie dem Gehirn ein ständig wachsender Anteil an der im Körper umgesetzten Energie pro Sekunde eingeräumt wurde. Ein Warmblüter hat gegenüber dem Reptil den Vorteil, zu jeder Zeit Agilität entfalten zu können, unabhängig von der Sonnenenergie, an der sich die Echse erst einmal aufladen muss. Die Bürde des gleichmäßig temperierten Bereitschafts-Zustands eines Warmblüters ist seine Sensibilität gegenüber Unterkühlung. Das Fell war für Warmblüter eine wundervolle Version gewesen, diesen Nachteil in der Logistik des Temperaturhaushalts gegenüber zum Beispiel den Reptilien auszugleichen. Aber dieses Fell hatte eben auch die Einschränkung mit sich gebracht, die Kühlleistung des Körpers auf relativ niedrigem Niveau zu begrenzen. Hunde haben als Methode das Hecheln entwickelt, bei dem viel Wasserdampf ausgeschieden wird. Wasserdampf entsorgt Abwärme effektiv wegen der hohen latenten Wärme des Phasenübergangs von flüssigem Wasser zu gasförmigem. Nachteil des Hechelns ist aber, dass die Reaktionsrate der Oxygenierung von Hämoglobin in der Lunge minimiert wird, weil die Verweilzeit der eingeatmeten, sauerstoffreichen Luft in den Lungenbläschen zu kurz ist. Für ein relativ kleines Gehirn ist dieser Ansatz also effektiv und effizient, aber für ein großes Gehirn führt der Ansatz schnell zur Bewusstlosigkeit oder gar zum Hirninfarkt durch Unterversorgung mit Sauerstoff. Das Modell wäre also dem Zweck, durch verbesserte Kühlung erhöhte Gehirnleistung zu ermöglichen, diametral entgegengesetzt. Du brauchst einen Kühlmechanismus, der zugleich keine Begrenzung der Sauerstoff-Aufnahme-Rate fordert. Schwitzen ist eine gute Lösung, aber in ein isolierendes Fell hinein zu schwitzen ist wieder nicht sehr effizient. Du müsstest schon große Mengen an Wasser ausschwitzen, bis dein Fell so durchnässt wäre, dass von seiner Oberfläche Wasser abgedampft würde. Und selbst dann wäre die kühlende Wirkung noch durch das isolierende Fell von der Haut abgeschirmt. Und welchen Aufwand du treiben musst, um die große Menge verlorenen Wassers zu ersetzen! In der Haut fließt das Blut, das die Verdampfungsenthalpie des Schweißes liefert und sich dabei abkühlt. Durch die Zirkulation des Blutes im Körper wird die Abwärme des Gehirns zur gesamten Hautoberfläche deines Körpers abgeleitet. Dort wird das Blut im Wärmetauscher Haut durch die Verdunstung des Schweißes gekühlt, ohne dabei irgendeinen begrenzenden Einfluss auf den Sauerstoffumsatz des Blutes in der Lunge zu nehmen. Also: nur ohne Fell geht großes Hirn.

Stand unseres Wissens ist derzeit, dass der Entwicklungsdruck auf alle Spezies, möglichst große Vorteile in der Überlebensproblematik zu erwerben, zunächst Regelmechanismen in der Form neuronaler Netze entstehen ließ, die sich hervorragend bewährten. Aus den Ganglien, die schon bei Kerbtieren faszinierende Leistungen erbringen, wurden die Reptiliengehirne. Immer mehr Funktionen und damit Überlebensvorteile gelangten ins Gehirn, wodurch dieses Organ wuchs und seinen jeweiligen Träger favorisierte, zu dominieren. Der bisher jüngste Schritt in der Entwicklung ist das Opfern des Fells bei Warmblütern, um schrittweise im Verlauf Hunderter von Generationen ein aberwitzig großes Gehirn hervorzubringen, das typisch rund zwei Prozent der Körpermasse ausmacht, dabei aber fast dreißig Prozent des Energieumsatzes beansprucht. Die Region der Vulva setzt eine Grenze, die ich nur erwähne, ohne sie näher auszuführen. Nur so viel: der Mensch kommt weit vor seiner Reife zur Welt, weil ein Ausreifen in der Gebärmutter den Kopf des Säuglings so stark anwachsen ließe, dass die mütterliche Anatomie architektonisch ein komplettes Redesign bräuchte, um den ausgereiften Säugling noch unverletzt aus dem Leib pressen zu können. Aktuell vermutet die Wissenschaftsgemeinde, dass die Brutfürsorge und Empathie beim Menschen besonders stark ausgeprägt sind, damit Kinder im Mittel größere Köpfe kriegen können, als sie durch den Geburtskanal passen würden. Es scheint ein bisschen so, wie beim Fell. Die Evolution nimmt eine großartige und bewährte Erfindung, wie das Fell, teilweise zurück: der säugende Warmblüter Mensch ist fast so nackt wie ein Reptil. Und jetzt kommt der noch unterentwickelte Säugling so schutzlos auf die Welt wie ein Küken, obwohl doch einer der Vorteile des Säugers war, geschützt im Uterus zu reifen, um dann agil und anatomisch nahezu perfekt entwickelt geboren zu werden. Was also die Eigenschaften eines Lebewesens prinzipiell bestimmt, sind zwar die stets und überall gleichbleibend gültigen Naturgesetze, aber was wir differenzierend als relevant wahrnehmen, das wird von den dynamisch sich im Rahmen dieser Gesetze ändernden Randbedingungen erzwungen.

Hier: eine gewisse Menge an UV ist für den Menschen in seiner komplizierten Evolution notwendig geworden zur Bildung von ausreichend viel lebenswichtigem Vitamin D. Es war im Lebensraum der frühen Menschen immer genügend Sonnenlicht mit genügend UV vorhanden, um diese Energiequelle zur Bildung von Vitamin D zu nutzen. In Afrika.

Zu 2: Wir wissen heute, dass der moderne Mensch nicht auf Noah in der Türkei zurückgeht, sondern auf Affen in Afrika. Offensichtlich waren es Affen, die den Schutz der Bäume verließen und sich den Boden als hauptsächlich Lebensraum erobert haben. Da waren neue Fressfeinde zu überlisten und sportlich neue Aufgaben zu lösen: lang schnell rennen zum Beispiel. Es war heiß dort. Das Fell war, siehe 'zu 1.', auch in dieser Hinsicht hinderlich. Aber es war schon ein wirkungsvoller Schutz vor den zerstörenden Wirkungen der UV-Strahlung entwickelt: dunkle Pigmentierung der oberen Hautschichten. UV wird von dunklen Hautpigmenten absorbiert, so dass die tieferen, empfindlichen Hautzellen nicht gespaltet werden. Wir stellen uns vor, die Affen mit schütterer Behaarung hätten in jeder Hinsicht profitiert und sich auf diese Weise erhalten können, während die dicht behaarten Kollegen erstens nicht so schnell und weit davonrennen und zweitens auch nicht so logisch die optimale Fluchtstrategie wählen konnten. Es dürften überwiegend haarige Affen in den Mägen der Löwen die vorletzte Ruhestätte gefunden haben, ehe sie als Dünger fungierten. Die nackten Affen kamen öfter davon und blieben der Entwicklung erhalten. Sie wurden die jüngeren Ahnen der nackten, schwarzen, ersten Menschen. Aber ... wenn es diesen Schutz von Anfang an gab, der die kränkende Wirkung von UV minimierte, weshalb nennt Lesch dann den Sonnenbrand einen Klassiker? Weil er ganz offensichtlich voraussetzt, dass der Status Quo dieses speziellen Individuums in der ersten Reihe des Hörsaals mitsamt seiner ganzen, evolutionären Entwicklungsgeschichte auf dem Planeten Erde einen Zustand repräsentiert, der losgelöst von eben dieser Milliarden Jahre währenden Vorgeschichte unmittelbar in Beziehung gesetzt werden könne zu einem Szenario, in dem ein völlig anderer Stern statt der Sonne unsere Erde bestrahlen würde. Lesch sagt nicht: würde die Sonne strahlen wie ein blauer Riese, würden sie innerhalb kürzester Zeit an Sonnenbrand sterben. Sondern er sagt: dann gäbe es sie nicht. Die UV-Einwirkung durch einen blauen Riesen ist für einen Menschen wie mich tödlich. Aber niemand kann wissen, ob es Bedingungen gibt im All, bei denen sich auf einem Planeten um einen blauen Riesen herum Leben entwickelt. Wir wissen nur, dass dieses Leben anders beschaffen wäre als wir es sind. Und dass es nicht annähernd so viel Zeit hätte, sich zu entwickeln, wie wir sie hatten. Und dass es aus einer anderen Chemie bestehen müsste als aus unserer Kohlenstoff-Organik, deren Bindungsenergien im UV-Spektrum des blauen Riesen keine stabilen Generationen hervor brächte. Nicht einmal wissen wir, ob unsere Zeitskala der Entwicklung von Kohlenstoff-Verbindungen

für eine andere, bisher bestenfalls hypothetische, organische Chemie auf einer Grundlage wie etwa Bornitrid unter entsprechend aggressiven Umweltbedingungen wie etwa dem Spektrum eines O-Sterns geradezu statisch erschiene; wenn sich irgendwo im All selbst-reproduzierende Strukturen unvergleichlich schneller entwickeln würden, könnten wir sie dann mit unseren bisherigen Mitteln überhaupt sehen? Organismen in – aus unserer Sicht – kurzlebigen O-Stern-Systemen, die sich – aus unserer Sicht - rasend schnell entwickeln, könnten eine Evolution im Bruchteil einer Zeit, die unsere Kohlenstoff-Chemie beansprucht, durchmachen. Alles idiotische Spekulation, ich weiß, ich habe dazu nichts gerechnet. Er, Harald Lesch, hat dieses Gedankenexperiment entworfen, die Sonne sei nicht G sondern O; wenn er es als Argument verwenden will, muss er konzise Herleitungen nutzen, damit wir was lernen. Tut er aber nicht. Ja, es stimmt: ich wäre es nicht, der da sitzt. Für *mich* ist alles, das war, notwendige Voraussetzung. Im Spektrum eines O-Sterns stirbt jedes Leben? Es wird nie ein Mensch fliegen? Es kann keine Parkettierung wie diejenige von Roger Penrose geben. [N]

Der junge Mann blickt auf eine lange Ahnenreihe zurück, deren Mitglieder schon sehr lange relativ weit in nördlichen Breiten der Erdkugel leben, so dass sich in ihrer Linie die Pigmentierung der Haut zurückgebildet hat. Er ist ein Bleichgesicht, ein Weißer, ein Tubab. Die schwächer pigmentierten Leute hatten auf ihren Wanderungen von Ost- und Zentralafrika in nördliche Breiten den Vorteil, vom spärlicher werdenden UV der Sonne noch ausreichend ein zu lassen, dass genug Vitamin D produziert werden konnte. Die dunklen Hauttypen litten in hohen Breiten den Mangel an Vitamin D. Die Selektion der Evolution gereichte den Bleichen in den nördlichen Breiten zum Vorteil.

Zu 3: Der größte Teil des Zeitraums, in dem die Ahnen des jungen Mannes nördliche Breiten erwanderten, wird die Kaltzeit gewesen sein, deren letzte Vergletscherung großer Landmassen vor rund zwölftausend Jahren zu Ende ging. Vor rund vierzigtausend Jahren dürften in unseren Breiten lebende Menschen hauptsächlich Neandertaler gewesen sein. Wissenschaftler fanden Spuren von Wanderzügen der Neandertaler bis zur Ostküste des Mittelmeers und umgekehrt einen Gegenstrom des Homo sapiens von dort nach Mitteleuropa. Der Beginn dieser Wanderungen wird in eine Zeit vor rund dreißig bis vierzig Jahrtausenden datiert. Seither steigen die Temperaturen an der Erdoberfläche. Die Oberflächentemperatur, das Volumen, die Masse und

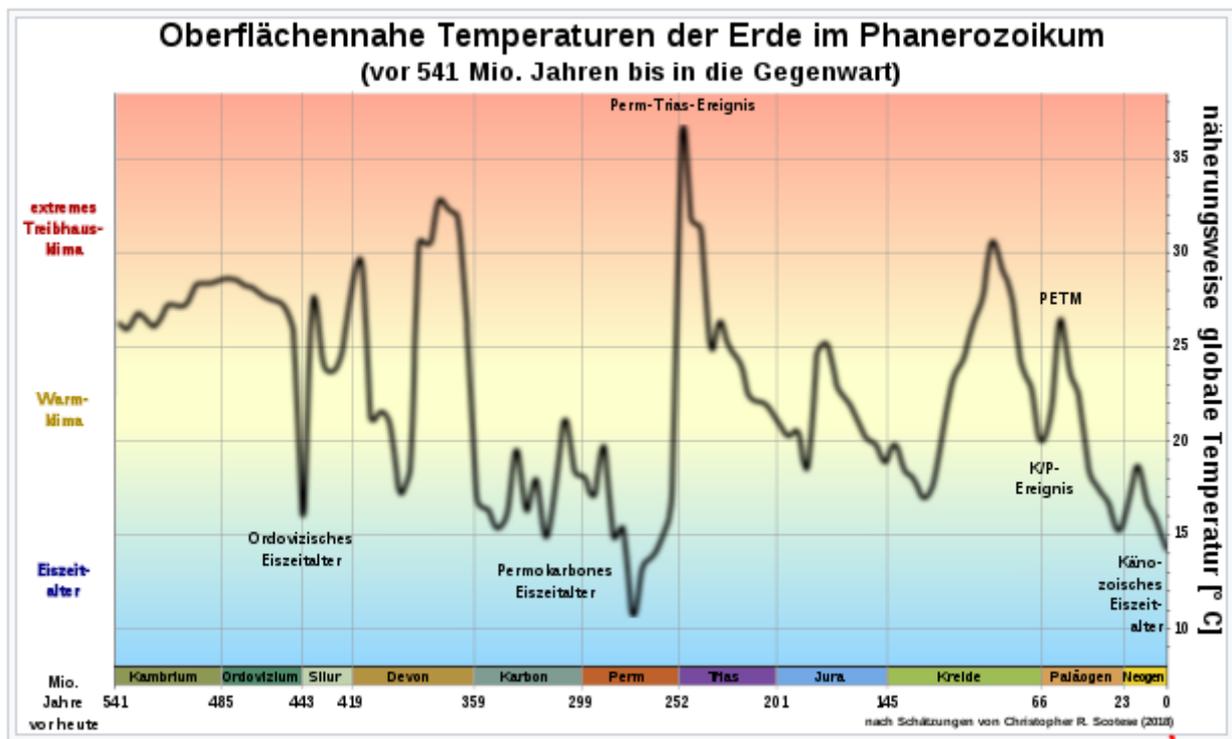
die Zusammensetzung der Sonne haben sich in dieser für einen Hauptreihen-G-Stern, der in den ersten viereinhalb Milliarden Jahren seines Lebens bisher nur rund die Hälfte seiner stabilen Wasserstoff zu Helium fusionierenden Lebensphase erreicht hat, nicht messbar verändert. Auch der Abstand zwischen Sonne und Erde ist gleich geblieben. Die Erde hat den größten Teil ihrer Lebenszeit eisfrei verbracht. Eiszeitalter wird heute überwiegend als eine Epoche definiert, während der wenigstens ein Pol großflächig vergletschert ist. Nach dieser und sogar nach der noch strengeren Definition (beide Pole großflächig vergletschert) leben wir heute im Ausklang einer noch deutlich anhaltenden Kaltzeit.

Das usurpiert allerdings die redlichen und wichtigen Argumente zur Begrenzung des vom Menschen gemachten Anteils an der globalen Erwärmung. Leugner des Wahnsinns, dass wir aus Lust, Dreistigkeit und Gier unsere Lebensgrundlage mit dem Raubbau an fossilen Brennstoffen sowie mit intensiv Methan produzierender Landwirtschaft gefährden, reden sich gerne auf die 'Normalität' des 'natürlich' gegebenen Wechsels von Warmzeit und Kaltzeit hinaus. Im Gegenzug nennen wir jetzt also das derzeitige, auf sein Ende zugehende Eiszeitalter die holozäne Zwischeneiszeit oder so, halt jedenfalls vermeintlich unverfänglicher.

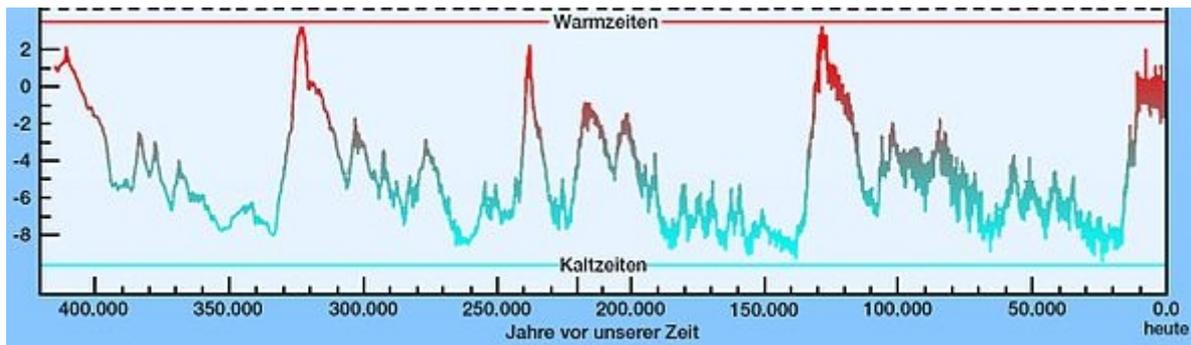
Es scheint, als sei der Schub in der Entwicklung der Menschheit mit der eiszeitlichen Grausamkeit verknüpft, dann aber durch die Gunst der nahezu stetig voranschreitenden, globalen Erwärmung seit etwa tausend Generationen immer rasanter übergeschnappt im menschlichen Wahn, sich alles erlauben zu können, weil es ja erst die Kinder und Kindeskiner ausbaden müssen und denen wird es, wie uns die Vergangenheit in die Gene geschrieben hat, ohnehin besser gehen als uns. Denn es geht ja bergauf. Immer. Logisch?

Das ist das kurzsichtige Argument eines flachen Geists, der nicht fähig ist, zu abstrahieren. Stattdessen extrapoliert er den Erfahrungshorizont seines spärlichen Wissenserwerbs aus Zeitungsartikeln, die schon der Journalist beim Schreiben bestenfalls nur halb verstanden hat, unmittelbar zu seinen Gunsten in die Zukunft. Er vergisst oder ignoriert dabei, dass die Menschheit seit rund zwei Millionen Jahren existiert. Für sich genommen hat diese Zahl keinerlei Wert. Erst die Einfügung in einen Kontext bringt uns Sinn und Bedeutung der Information nahe: die Menschheit ist im derzeit herrschenden Känozo-

ischen Eiszeitalter entstanden und hat als Spezies noch keine Warmzeit erlebt, aber schon mehrere zwischeneiszeitliche Phasen. Ohne diesen Kontext sagt 2 Millionen Jahre Menschheit genauso wenig aus wie 40 Tausend Grad Sonnenbrand. Um zu begreifen, was 2 Millionen Jahre Existenz der Spezies Mensch bedeutet, musst du den Menschen zuerst im Rahmen seiner Umweltbedingungen einsortieren. Dazu hilft die Grafik aus Wikipedia, wie sie der Geologe [Christopher Scotese](#) angefertigt hat:



Ich habe mal grob rechts unten einen roten Strich gezogen, der an Ort und in Breite etwa anzeigt, wann und wie lange es in diesem Bild Menschen gibt. Glaubst du nicht: es ist doch evident, dass der gesamte Alpenraum vor fünfzehntausend Jahren noch vergletschert war, dass durch die Gletscherschmelze vor zwölftausend Jahren halb Oberbayern im Rosenheimer See aus Gletscherschmelze versunken war und dass es folglich seither stetig wärmer geworden sein muss. Aber die Kurve der Temperatur in dieser Grafik sinkt bis zum Zeitpunkt 0, der *jetzt* bedeutet. Widerspruch! Tatsächlich kann dieser Graph die letzten rund zehntausend Jahre nicht auflösen. Denn die Strichbreite entspricht einer Million Jahren in der Abszissenteilung. Schreib deinen Namen mit einem Edding-Marker auf ein Menschenhaar! Verstehst du? Harald Lesch tut so, als könne er, der coole Physiker, ein Atom mit der Axt des Zimmermanns spalten.



Hier löst die Zeitachse feiner auf: je Teilstrich 10 Tausend Jahre. Der komplette Graph deckt das rechte Fünftel meines roten Strichs im ersten Bild ab. Die Ordinate (Temperatur) ist zappel-freundlich fein geteilt. Und es gibt gegenüber der ersten Kurve einen Offset, weil sich die Daten jeweils auf unterschiedliche Orte bzw. Mittelwert-Konventionen beziehen: die zweite Kurve stammt aus Daten von Eis-Bohrkernen. Obwohl also unser Zentralstern sehr stabil und unbeirrbar zuverlässig leuchtet, kriegt die Erde mal mehr, mal weniger davon eingeheizt. Weiteres Nachdenken ergibt, dass wir diejenigen Parameter des Gesamtsystems herausfinden sollten, die für den Unterschied sorgen. Strahlt die Sonne tatsächlich immer gleich intensiv dasselbe Spektrum aus? Welchen Anteil der Bestrahlung setzt die Erde in Wärme um? Wovon hängt dieser Anteil ab? Was passiert mit dem Rest?

Zuerst: die Strahlungsleistung der Sonne variiert zwar, aber viel schwächer als jemals die dramatischen Oszillationen in der mittleren Temperatur an der Erdoberfläche zu erklären. Ein Modell für die Entwicklung dieser Größe erfordert die Erforschung der Parameter, die unseren Planeten daselbst betreffen. Helle Bedeckung der Oberfläche bedingt hohe Rückstrahlung. Licht, das von Schnee, Eis, Nebel oder Wolken ins All reflektiert wird, trägt zur Erwärmung der Biosphäre nicht bei. Absorber des IR (infrarote TEM) in der Atmosphäre können VIS hindurch lassen, halten aber die Wärmestrahlung der davon aufgeheizten Bodenschichten in der Atmosphäre zurück. Wasser erscheint nur in dünnen Schichten durchsichtig; in großen Meerestiefen ist es stockfinster, weil Wasser, wenn auch mit kleinem Wirkungsquerschnitt, VIS absorbiert. Die spektralen Anteile des Sonnenlichts außerhalb des VIS werden von Wasser sogar sehr effektiv absorbiert. Die Ozeane speichern immense Mengen an Sonnenenergie. Wegen der großen Wärmekapazität des Wassers führt die Strahlungsabsorption der Ozeane aber kaum zu nennenswerter Erwärmung, so dass es kaum relevante Abstrahlung im IR durch die Ozeane

gibt, jedenfalls im Vergleich zu den Landmassen. Land wird durch Absorption schnell erhitzt und strahlt dann entsprechend viel IR ab, das der Biosphäre verloren geht, es sei denn, in der Atmosphäre gibt es nennenswerte Absorber dafür: Kohlendioxid und Methan. Ionisierende Strahlung aus dem All setzt Kondensationskeime in der Atmosphäre, durch die Dampf zu Wolken gerinnt, die Sonnenlicht reflektieren. Solche Strahlung trifft uns aus Gebieten der Milchstraße, in denen Sterne entstehen. Das sind die Spiralarme. Wenn die Erde durch einen Spiralarm wandert auf dem Weg der Sonne um das galaktische Zentrum, zieht die ionisierende Strahlung quasi die Gardinen der Atmosphäre zu und ein großer Teil des Sonnenlichts wird an diesen Gardinen (Wolken, Dunst, Nebel) reflektiert. Derzeit bewegt sich das Sonnensystem gerade aus einem Spiralarm hinaus in den dunklen Teil der Galaxis. Meeresströmungen transportieren gewaltige Mengen an Wärme und können die Albedo der Böden in der Nähe der Pole ändern. Plattentektonische Verschiebungen nehmen ähnlichen Einfluss auf die Fähigkeit der Erde, mehr oder weniger große Anteile der Bestrahlung durch die Sonne als Wärme zu speichern. Das Gesamtszenario ist bisher noch nicht geschlossen verstanden und wir können es nicht zuverlässig ausrechnen, welche Randbedingungen der Parameter jeweils wie genau zusammenwirken. Aber immerhin werden wir von Angst gebannt und von Stolz erfüllt, wenn wir endlich mit halbwegs berechtigt erscheinender Gewissheit sagen dürfen: wir haben uns die Erde unterworfen, denn es gibt drastische Hinweise dafür, dass der Mensch Einfluss genommen hat aufs Klima. Vielleicht hat die Menschheit sogar verhindert, dass es nach der interglazialen Erwärmung seit dem Abschmelzen der letzten eiszeitlichen Gletscher zu einer neuerlichen Vergletscherung gekommen ist. Hand auf 's Herz: schwingt da nicht immer ein bisschen Größenwahn mit, wenn wir heulen, wie groß unser zerstörerischer Einfluss ist? Dass *'wir'* Kraft unserer überragenden Intelligenz so etwas riesig Großes wie einen ganzen Planeten zerstören können ... Können wir? Klar, wir rotten massenweise Spezies aus! Ja, aber das ist doch kein Zeichen von Größe, oder? Idiotie des Gigantismus und Gigantismus der Idiotie treffen sich doch genau an dem Punkt, an dem wir G'schaftler wie Elon Musk anbeten und ihnen in die industriellen Ärsche kriechen. Wir brauchen Elektroautos, die autonom fahren und wir brauchen einen Shuttle-Dienst zur Besiedelung des Mars, weil die Erde von uns unbewohnbar gemacht werden wird. Yeah! Investieren wir in einen toten Planeten. Das sind auch so esoterische Stammtisch-Parolen.

Der junge Mann in der ersten Reihe kriegt Sonnenbrand bei der Bestrahlung mit dem Spektrum eines vierzigtausend Grad O-Sterns, weil er sich nicht für den Aufenthalt im Spektrum eines O-Sterns entwickelt hat, sondern für das Leben auf der Erde im System des G-Sterns Sonne mit sechstausend Grad. Dort außerdem in Gebieten, wo seine Ahnen wegen der Eiszeit in nördlichen Breiten nur ganz wenig UV aus dem Spektrum der Sonne kriegten, aber diesen Mangel wegen des Mangels an Fell durch minimale Pigmentierung ihrer nackten Haut gut kompensieren konnten. Jetzt sitzt er da, nackt unter dem Gewand, bleich und im rasanten Tempo auf die kommende Warmzeit zu rasend, aber zum Glück im Licht einer gelb-grünen G-Sonne.

Aber wie das funktionieren soll, dass der Urknall stockfinster war, das wissen wir noch immer nicht. Immerhin fällt jetzt Hubble aus dem heiteren Himmel [42:07](#) und es geht nach langen retardierenden Momenten plötzlich wieder Schlag auf Schlag voran: „Mit Nullen haben wir 's in der Physik nicht so. Es bleibt immer irgendwas übrig. [...] Das nennt man h. Das bleibt immer übrig. Steht nicht für Harald. [...] infiniten Regress [...] Wie kommen wir aus diesem Problem raus? [...] Rotverschiebung: wenn die Rotverschiebung kein Doppler-Effekt ist, sondern das Universum wirklich einen Anfang gehabt haben sollte, dann muss es früher anders ausgesehen haben. Es war nicht nur kleiner, es war auch heißer. Wenn es aber heißer wird, wir haben das vorhin gesehen, dann muss sich auch die Strahlung verändern. Vielleicht gibt es sogar Reststrahlung. Und so hat dieses Gebilde, nämlich die Theorie vom Anfang, dazu geführt, dass es tatsächlich eine Reststrahlung gibt. Und diese Reststrahlung nennt man Hintergrundstrahlung. Und das war das erste Mal, dass man davon sprechen kann, dass in diesem Universum Licht, also sichtbares Licht aufgetaucht ist, als das Universum eine bestimmte Temperatur von rund 50000 Grad unterschritten hat.“

Muss ich diesen besoffenen Wortschwall kommentieren? Das spricht für sich selbst. Vor allem, wenn du bedenkst, dass „wie wir vorhin gesehen haben“ sich einzig und allein auf die Episode mit dem Sonnenbrand bezieht, also nichts zu sehen war außer in den leeren Raum geworfenen Behauptungen ohne jeden Zusammenhang. Ich kreide ihm nicht einmal die Versprecher und Wortverwechslungen an: „Wir können nämlich mit Heisenbergs Unbestimmtheits-Relation sagen, dass wir keinen Punkt im Universum genauer messen können als -. Kleiner geht nicht. Wir kriegen also eine Maximalgröße für das

Universum raus. Kleiner geht nicht.“ Das kann passieren. Oder dass die Theorie vom Anfang dazu führte, dass es Reststrahlung gibt. Wenn er es so meinen würde, wie er es sagt, wäre er radikaler Konstruktivist: die Erfindung einer Theorie errichtet erst ihren Inhalt. Später erklärt er, dass er radikale Konstruktivisten gerne in der Nordsee ertränken würde, also denke ich mir, die Aussage habe den Rang eines Versprechers. Daran ist nichts schlimm. Aber jetzt erklärt Lesch, dass wir mit der Unschärfe-Relation und der Quantenmechanik ausrechnen können, dass die Größe des Universums am Anfang seiner Existenz zehn hoch minus fünfunddreißig Meter war, dass diese Länge durch die Lichtgeschwindigkeit geteilt die Anfangszeit des Universums ergibt, die fünf mal zehn hoch minus vierundvierzig Sekunden war und dass die Anfangstemperatur zehn hoch zweiunddreißig Grad war. „Und das ist eine Temperatur, die ist viel zu heiß für Licht, das sichtbar ist. Das heißt, es musste ungefähr eine Stunde vergehen. Das Licht der Welt kam erst eine Stunde nach dem Beginn des Universums in die Welt.“ Das kannst du jetzt nur glauben. Da gibt es keine nachvollziehbare Erklärung. Die Zeit, um für diese Rechenergebnisse wenigstens ein Minimum an Verständnis zu erzeugen, hat Harald Lesch mit Späßen und Klamauk vergeudet.

Noch 'n Gedicht: „Die Energie, die wir hier auf diesem Planeten genießen, hat damit zu tun, dass im Inneren unseres Sterns bei Temperaturen zwischen 15 und 16 Millionen Grad Atomkerne miteinander fusionieren und dabei elektromagnetische Strahlung entsteht, die 26,5-facher Millionär ist. Und wenn diese Strahlung oben an der Sonnenoberfläche ankommt, hat sie noch 50 Cent. Die Energie, mit der dieses Licht startet, das sind 26,5 MeV. Und wenn dieses Licht oben am Sonnenrand raus kommt, hat es noch 0,5 eV. Das ist also verlustreich. Das ist Verlust. So entsteht das Licht der Welt. Das Licht der Welt entsteht in diesem Stern vor ungefähr 30 Millionen Jahren. [...] 30 Millionen Jahre ist das Licht im Stern unterwegs, um bis an die Oberfläche zu kommen. [...] Und dieses Licht gibt es seit 4,567 Milliarden Jahren.“

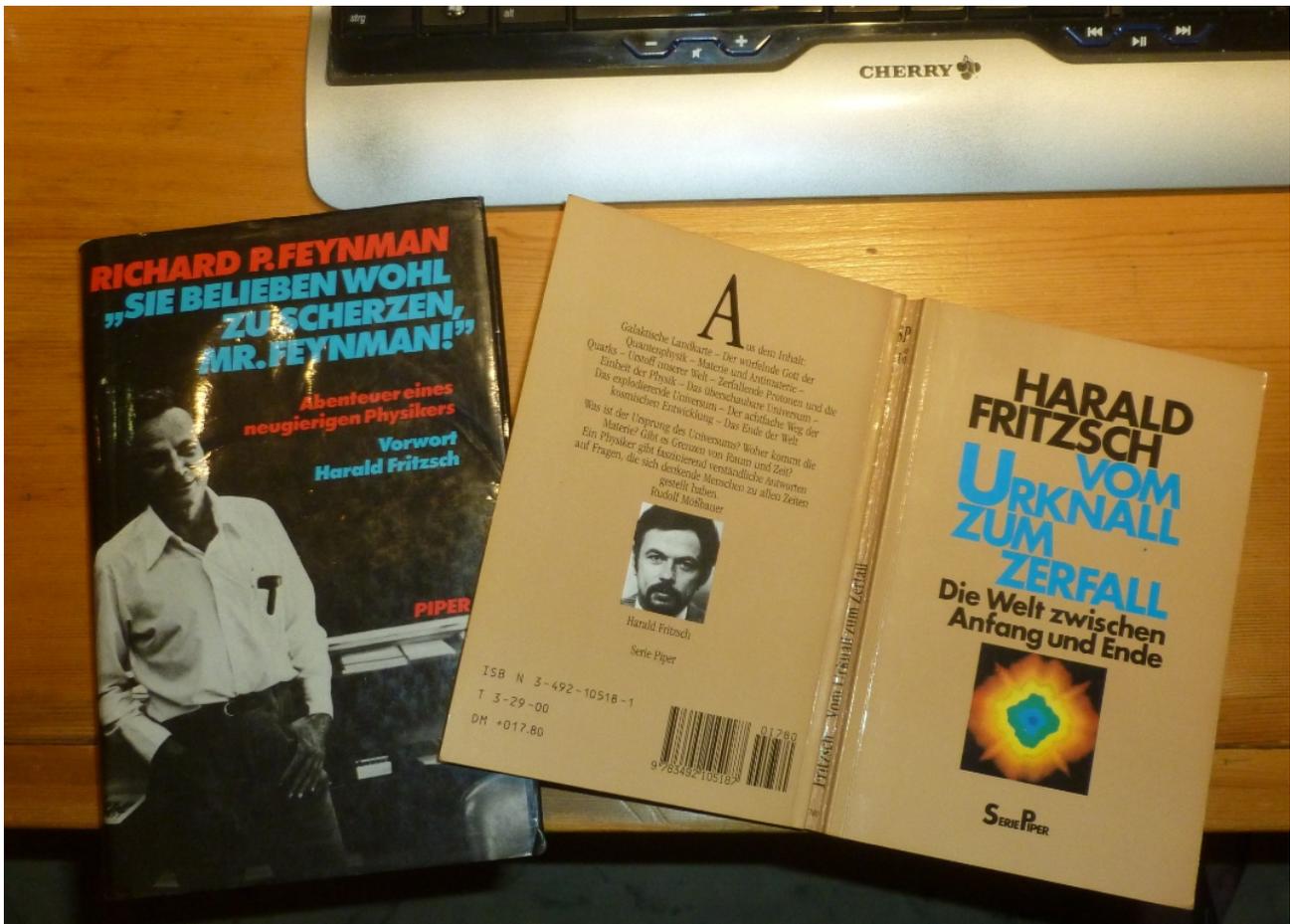
Zur Erinnerung: „Der Anfang von allem ist der Urknall und der ist der ultimative Lichtproduzent.“ [29:50](#). Es ist nicht ad hoc völlig falsch, als letzten Grund für die Existenz von Licht den Urknall anzuführen, wenn man erklärt, dass der Brennstoff für die Fusion in den Sternen da her kommt. Obwohl es dann auch heißen müsste: „... ist der ultimative Rohstoff-Produzent für die Lichterzeugung in Sternen: Fusionsmaterial.“

Lieber Harald Lesch, es ist eine Konvention, vor Laienpublikum keine Mathematik vorzuführen. Manche Sachen gehen schlecht ohne Mathematik. Den Laien die Physik ohne Mathematik zu erklären erfordert, Abstriche zu machen. Du sagst, das Wissen finde in meinem Kopf statt. Du sendest nur Informationen, aber ich müsse die Verknüpfungen selbst dazu herstellen, die dann erst Wissen aus den Informationen machen. Dein Vortrag führt mich aber zu schrecklich deprimierenden Widersprüchen. Beispiel: Du sagst, bei Temperaturen oberhalb von 50 Tausend Kelvin gebe es keine sichtbaren Photonen. Ich habe in der Schule gelernt, dass das Gesetz für die spektrale Strahlung eines Hohlraums sagt, zu einer bestimmten Temperatur dieses Hohlraums gebe es bei *jeder* Frequenz mehr Photonen als derselbe Hohlraum bei niedrigerer Temperatur abstrahlt. Das sei ein Triumph der Physik gewesen und der Entdecker der korrekten Formel für dieses Gesetz sei ein gewisser Max Planck gewesen. Wenn ich die Information aus meinem Schulunterricht mit der Information aus deinem Vortrag logisch verknüpfe, um in dem von dir geforderten Sinn Wissen in mir zu gebären, folgt, dass nach dem aktuellen Stand der Physik das Plancksche Strahlungsgesetz falsch sein muss. Da kommt doch der geneigte Hörer ins Spekulieren, was da schiefgegangen sein kann. Darf ich das Universum kurz nach dem Urknall nicht als Schwarzen Körper betrachten? Gilt die Planck-Formel nicht für Plasmen? Irgendeine Erklärung ist hier unerlässlich, verdammt! Selbst, wenn es schwierig sein mag: Die Plancksche Strahlungsformel ist die ultimative Senkwehe bei der Geburt der Quantenphysik. Ist sie nicht anwendbar auf das Plasma, das so heiß und so dicht ist, dass sich nicht einmal Atome darin bilden können? Ist es diese Randbedingung, die im Vortrag fehlt, um den Widerspruch zu entschärfen? Nach zwei Stunden Harald Lesch ist mein greiser Geist gereizt und holt mein ewig nicht mehr aufgeschlagenes Kinderbuch aus dem Regal hervor:

Wir heizen jetzt den Ofen an. Lange Zeit passiert nicht viel. Die Energie des Photonengases im Inneren des Ofens nimmt ständig zu, und zwar, wie wir wissen, mit der vierten Potenz der Temperatur. Erst bei einer Temperatur von etwa sechs Milliarden Grad ($6 \cdot 10^9$ Grad) geschieht etwas Merkwürdiges. Wir erinnern uns

216

Ja, ich erinnere mich. So war mir das noch irgendwie im Ohr geblieben. Ich heize den imaginären Planckschen Hohlraum-Ofen von 0 Kelvin an stetig immer weiter auf und bis 6 Milliarden Kelvin passiert nichts Merkwürdiges. Keine Rede von der magischen Temperatur 50 Tausend Kelvin, bei der plötzlich die Photonen des VIS verschwinden würden. Ist eben ein Ofen und kein Universum, denke ich mir und lese weiter:



Die 6 Milliarden Kelvin sind nicht annähernd so berühmt wie die damit verknüpfte Photonenenergie von 511 keV. Da pocht das Herz: 511 Kilo-Elektronen-Volt ist die Ruheenergie eines Elektrons. Das kennt fast jeder aus der Geschichte mit der Paarvernichtung von Materie und Antimaterie: ein Elektron und sein Antiteilchen, das Positron, zerstrahlen zu zwei Photonen mit der Gesamtenergie 1,022 MeV. Und hier nun umgekehrt: Im zuerst leeren Ofen sind beim Aufheizen immer mehr Photonen entstanden, deren mittlere Energie (\sim Frequenz) immer mehr anwächst. Im Ofen herrscht eine Photonenverteilung nach Plancks Strahlungsgesetz. Wenn Photonen auftauchen, deren Energie 511 keV überschreitet, entstehen 'materielle' Teilchen.

Jetzt sind im Ofen nicht mehr nur die Photonen, sondern auch Paare von Elektronen und Positronen. Harald Fritzsich spielt das Gedankenexperiment durch bis zur Temperatur zehn hoch zweiunddreißig Kelvin. Auf dem Weg entstehen noch die Neutrinos, die Quarks und die X-Teilchen. Bei 10^{32} K, schreibt er, versagen unsere Formeln und Vorstellungen über Raumzeit und Materie. Der Gedankenofen ist offenbar irgendwie mit dem Urknall verknüpft, nur die Zeitachse scheint umgekehrt zu sein. Harald Fritzsich löst das, indem er am Ende des Kapitels „9. Der Zauberofen“ eben das Titel gebende Objekt durch Entfernen der unzerstörbaren Ofenwände expandieren lässt. Da wird dann klar, dass freilich immer alle Photonen zwar vorhanden sind, auch die VIS-Photonen, aber dass im Plasma dieser irrwitzigen Energiedichte die Photonen nur eine verschwindend kleine mittlere freie Weglänge bis zur nächsten Absorption haben. Es gibt eine derart steife Kopplung zwischen Licht, Quarks und Leptonen, dass diese heiße 'Suppe' völlig opak ist.

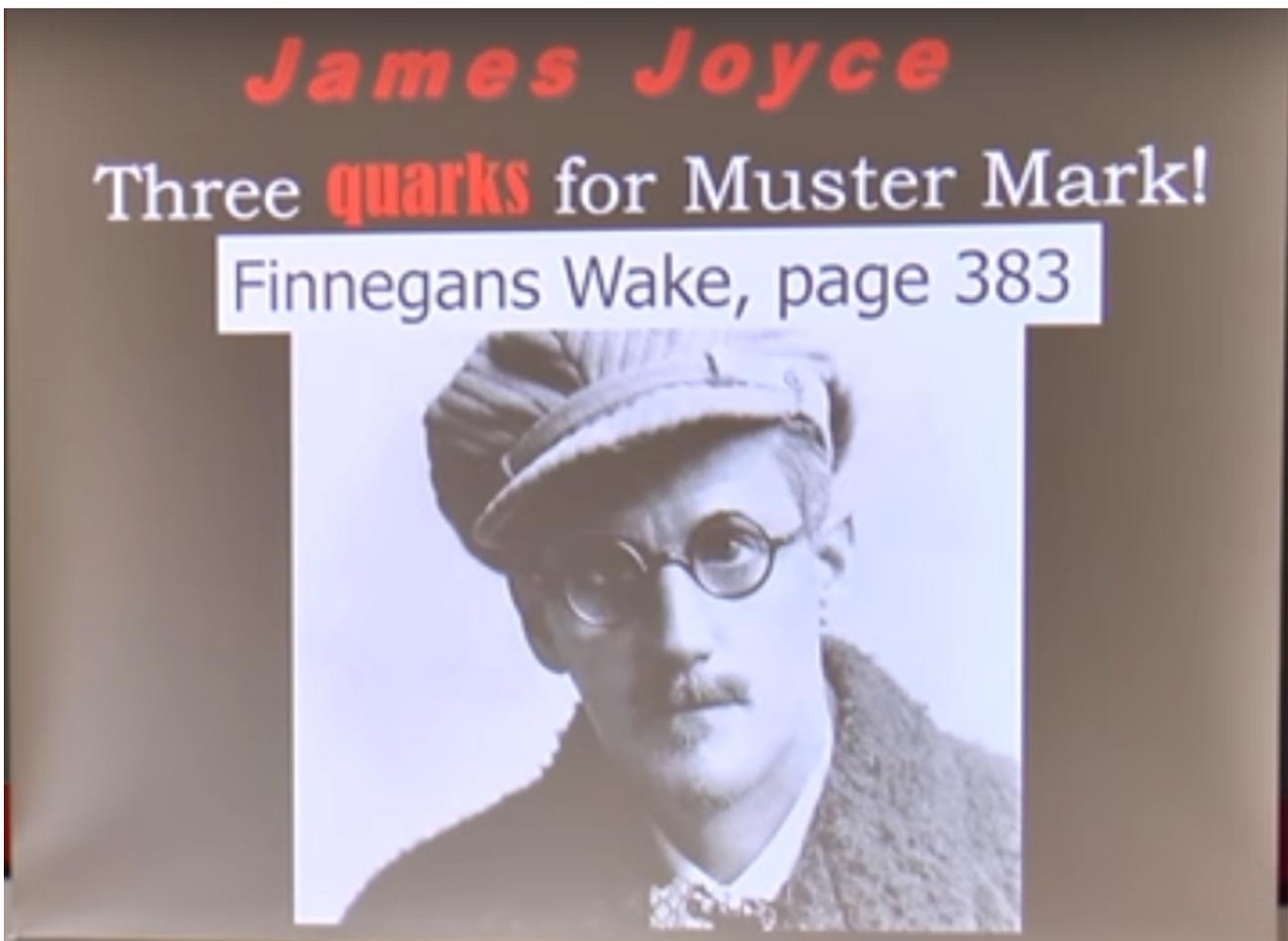
Auch hier stellt sich mir eine Frage: Bei allen Gedankenexperimenten und Modellen zum Urknall wird stets argumentiert, das Universum sei daraus entstanden. Außerdem gibt es die mit Nachdruck beschworene Tatsachenbehauptung, die Raumzeit klebe an der Masse des Universums. Schließlich sei eine Frage nach dem 'Draußen' unsinnig, weil alles, wahrlich alles, das es gibt, Teil des Universums sei und folglich das Universum zwar eine endliche Ausdehnung (Länge, Breite, Höhe) besitze, aber um seine Massen herum gekrümmt sei, sodass ein Zustand des Universums in nichts anderes eingebettet sein könne, insbesondere auch nicht in einen Raum, der es umgibt. Welchen Sinn hat es dann aber, sich vorzustellen, man beobachte das Universum von außen? Das halte ich für die Schwachstelle am „Zauberofen“: er ist offenbar in mein Gedankenlabor eingebettet. Wenn da kein Licht rauskommt, frage ich mich doch sofort: wohin raus? Es gibt nichts, wohin das Licht fliegen könnte, weil es Teil des Universums ist und bleiben muss.

[Harald Fritzsich](#) war übrigens nicht allzu beliebt bei manchen meiner Kommilitonen. Wenn jemand bei ihm wegen einer Diplomarbeit anklopfte, fragte Harald Fritzsich zuerst nach der Note im Vordiplom. Meistens gab es dann eine Abfuhr mit einer Variation dieses Spruchs: „Wissen sie denn nicht, dass Elementarteilchenphysik die Elite des Fachbereichs ist? Ohne eine Eins im Vordiplom sind sie nicht geeignet, dazu zu gehören.“

Darüber hat man sich zu meiner Studienzeit noch aufgeregt. Aber mal ehrlich: wenn das sein Standpunkt war, dann geht das doch völlig in Ordnung. Wenn du denkst, du seist gut genug, dann kannst du dein Diplom ja anderswo machen und dabei so eine überragende Arbeit abgeben, dass Harald Fritsch sich die Finger lecken wird, so ein Genie als Doktorand einzustellen. Und wenn du dir das nicht zutraust, passt ihr halt nicht zusammen. Der Professor muss genauso frei wählen können, ob er mit dir zusammenarbeiten will, wie du frei wählen können sollst, bei welchem Professor du arbeiten willst. Schon hast du ein Kollisions-Potenzial der Freiheit. Ist doch gut, sich auf die Konvention zu einigen, dass eine Beziehung nur eingegangen wird, wenn es *beide* wollen. Die *Kriterien* müssen dabei jedem freigestellt sein, denn das ist das Optimum an Freiheit, das überhaupt möglich ist. Ich habe nur einmal mit Harald Fritsch geredet. Ich hätte bei ihm ohnehin nicht arbeiten wollen. Aber er hatte in seinem Büro eine große Kiste mit Büchern auf dem Boden stehen, die er an Interessierte verkaufte. Helmut Salecker hatte in seiner Vorlesung davon erzählt. Ich ging also nach der Vorlesung gleich zu Harald Fritsch ins Büro und bat um ein Exemplar jenes Buchs. Die Unterhaltung war kurz. Er musterte mich und ich dachte, was er wohl erwarten mag. Er schaute aus, als ob er einen Kniefall von mir erwartete. Aber ich empfand den Tisch, den Teppich, die Einrichtung, seine Socken, den Karton mit den druckfrischen Büchern drin und überhaupt alles am Büro samt seinem Bewohner als unästhetisch. Ich hatte nicht einmal die Idee, ihn um eine Widmung zu bitten. Ich wollte nur das Buch haben. Ein Schimmer anerkennender Akzeptanz schien seine strenge Skepsis mir gegenüber kurz zu überstrahlen, als ich auf seine Frage, wie ich davon erfahren hätte, sagte, dass Professor Salecker sich in seiner Vorlesung gerade ansteckend amüsiert über das Buch geäußert habe und dass er das erste Exemplar aus dieser großen Kiste erhalten habe. Dabei schaute ich die Kiste an. Sie war tatsächlich noch relativ gut gefüllt. Es gefiel mir, den elitären [Elementarteilchenphysiker](#) mit meinen mickerigen Studentenkröten auszuzahlen und mit großer Vorfreude aufs Lesen von „Sie belieben wohl, zu scherzen, Mr. Feynman!“ im Kopf den Abschied kurz zu halten. Wenn du Lust hast, etwas Elitäres zu machen, dann kannst du dir den Vortrag von Harald Fritsch an der elitären Universität von Neusüdwales über den Urknall hineinziehen. Das schafft pro Woche nur ein Mensch auf der ganzen Welt, es ist also tatsächlich extrem elitär:

BIG BANG

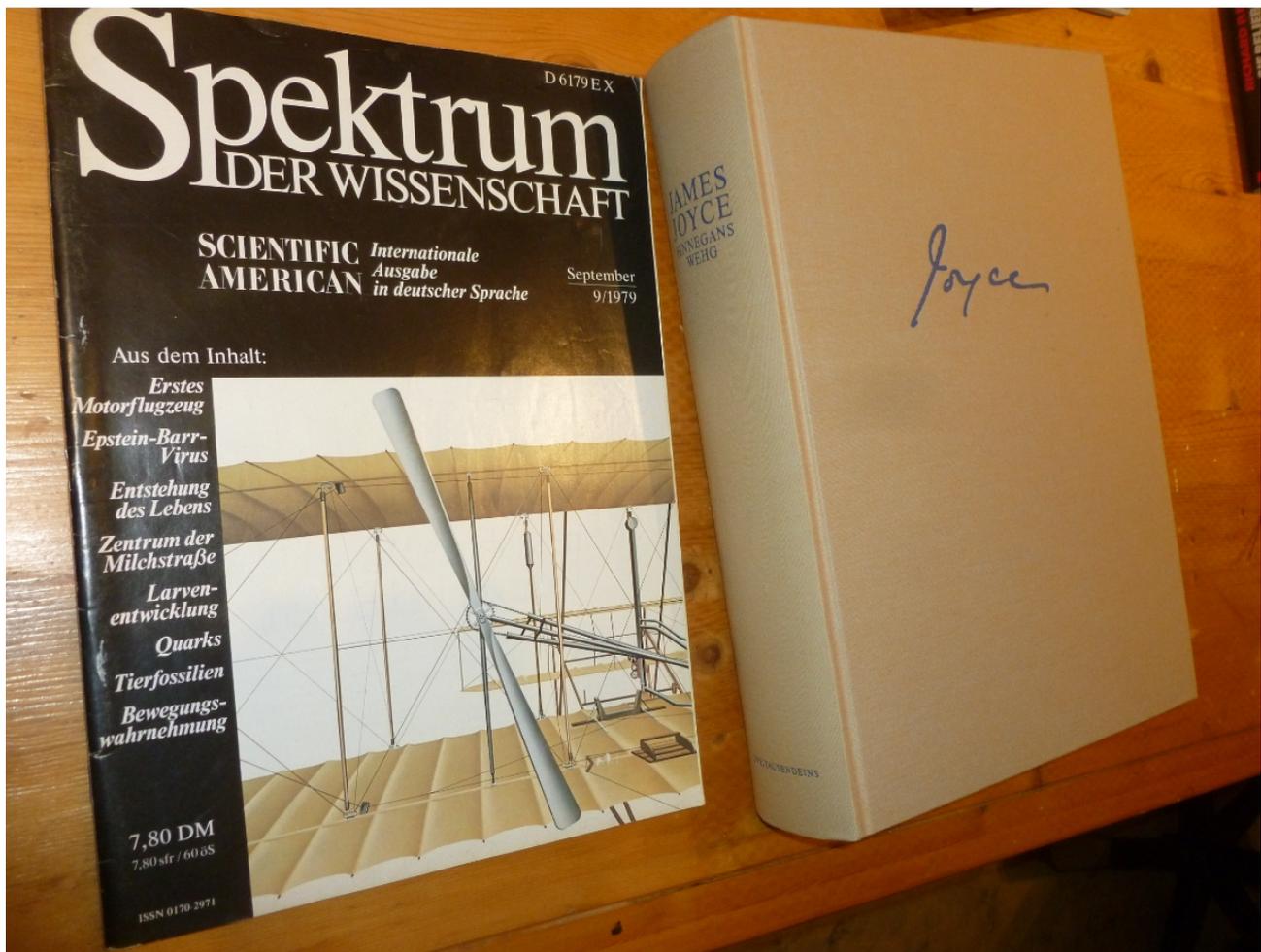
Freie Adaption der [Kreativ-Logik](#) Harald Leschs: *Und so hat dieses Buch Finnegans Wake dazu geführt, dass es tatsächlich Quantenchromodynamik gibt.*



— *Three quarks for Muster Mark!*
Sure he hasn't got much of a bark
And sure any he has it's all beside the mark.
But O, Wreneagle Almighty, wouldn't us be a sky of a lark
To see that old buzzard whooping about for uns shirt in the dark
And he hunting round for uns speckled trousers around by Palmer-
stown Park!
Hohohoho, moulty Mark!
You're the rummest old rooster ever flopped out of a Noah's ark
And you think you're cock of the wark.
Fowls, up! Tristy's the spry young spark
That'll tread her and wed her and bed her and red her
Without ever winking the tail of a feather
And that's how that chap's going to make his money and mark!
 Overhoved, shrillgleescreaming. That song sang seaswans.
 The winging ones. Seahawk, seagull, curlew and plover, kestrel
 and tapercallzie. All the birds of the sea they trolled out rightbold
 when they smacked the big kuss of Trustan with Usolde.
 And there they were too, when it was dark, whilest the wild-
 caps was circling, as slow their ship, the winds aslight, upborne
 the fates, the wardorse moved, by courtesy of Mr Deaubaleau
 Downbellow Kaempersally, listening in, as hard as they could, in
 Dubbeldorp, the donker, by the tourneyold of the wattarfalls,
 with their vuoxens and they kem in so hattajocky (only a
 383

— *Drei Quarks für Muster Mark!*
Sein Gekläff war wohl eher karg,
Und sein Besitz ist unter der Mark.
Doch O, Allmächt'ger SpatzAdler, flöge man Ierchenstark
Und säh, AltBussard ruft nächstens uns arg
Und haschte nach uns TipfelHosen hrrum am Palmerstown Park?
Hohohoho, mausernder Mark!
Bist der grogste AltGockel, der je plömmste von Noahs Ark,
Und du glaubst deinen KorbHahnQuark.
Auf, Hühnchen! Triste ist jung und stark!
Der find sie, und bind sie, und minnt sie, umwind sie,
Und mühelos ist schon gar bald wohlgesünnt sie,
Und derart der Knab schafft Moneten und Mark.
 Drohobenblaiben, schrillfröhshreierend. Die Strophe sangen SehSchwäne. Die Be-
 schwinkten. Raubmöweh, SehSchwalbe, BraachVoggel und RegenPfeifehr, TurmFall-
 key und AuairHuhn. All die Föggel der See, sie tummelten sich rechtsdreist aus, wäh-
 rend sie den großen Kuhß von Traunstan mit Unsallte schmackzten.
 Und da waren sie auch schon, als es dunkehl war, während die WilldBächer greisten,
 so langsahm war ihrh Schieff, die Wiennde stiel, kynstick die Gehschickse, Unntiefen
 schwanden, als Gehste für Hörrn Tappquelljuh Druntöntief Kämpersallie, und sie
 lauschten eini, so angehrängt wie möcklich, im TabelonDorf, dem Mohli, bei den Turn-
 nierenn des Wassaphalls, mit ihren Vächsehn, und sie kamin reinn so knieküssisch
 (nur eine
 383

Zugegeben, Harald Lesch ist als Unterhalter seinem Kollegen Harald Fritzsch einige Stufen voraus. Zugegeben auch, dass sich Harald Fritzsch ebenfalls manchmal verspricht, etwa wenn er das Publikationsjahr der Principia Mathematica von Isaak Newton sechzehn-hundert-achtundsechzig ausspricht, während auf seiner Folie 1686 zu lesen ist. Außerdem haben beide Haralds ein durchaus vergleichbar groß erscheinendes Bedürfnis, ihre jeweilige Stellung als herausragende Physiker und Geister in die Welt zu posaunen. Das ist menschlich. Das ist überhaupt nicht schlimm oder anstößig. Es ihnen anzukreiden heißt nur, dass ich selbst ein Gefangener von völlig überflüssigem Moral-Quark bin, der uns einzupfropfen versucht, Bescheidenheit sei eine edle Charakterhaltung. Beide haben ja durchaus tolle Sachen gemacht, über die sie sich freuen dürfen. Blöd ist es, wenn jemand, der nichts zustande gebracht hat, angibt; aber selbst das ist nicht schlimm, weil ich es ja überprüfen kann. Weil mir Dampfgeplapper von anderen (mein eigenes freilich nicht, denn ich nehme mich sehr wichtig in meinem Kosmos) schnell auf die Nerven geht, da es mir Lebenszeit für schönere Beschäftigungen raubt, entscheide ich bei (anderen) Angebern gerne, Abstand zu wahren. Für mich sind die in YouTube zu findenden Beiträge von Harald Lesch und jene von Harald Fritzsch durchaus unterhaltsam, wenn auch auf unterschiedliche Weise. Bei Lesch gefällt es mir, zu beobachten, wie er sich um das Konkrete, Nachvollziehbare und Exakte an Gedankengängen und Ausführungen drückt. Das hat sensationellen Unterhaltungswert. Schlecht wird mir allerdings, wenn ich die Resonanz auf seine schlampig vorgebrachten Kabarett-Stücke anschau. Sein Publikum scheint überwiegend Physik von ihm lernen zu wollen, ohne viel Ahnung von Wissenschaft an sich zu haben. Das ist ein mulmiges Gefühl, denn das sind ja dann Menschen, denen Harald Lesch die Sinne komplett verwirrt, während er ihnen zugleich die Gewissheit injiziert, sie hätten jetzt überdurchschnittliche Kenntnisse gewonnen. Und mit diesen Leuten müssen wir dann ja auf dem Planeten irgendwie zusammenleben, verflucht. Das heißt: Leschs Arbeit macht es 'normalen' Leuten wie mir schwerer, sich in Gesellschaft wohl zu fühlen. Ihm allein ist das nicht anzukreiden. Ihm ist anzukreiden, dass er das immense Verständnis für Naturgesetze, das er haben muss, um an der LMU Studenten in Physik auszubilden, nicht sorgfältig und respektvoll mit der Gewichtung, die schwierigen Zusammenhänge deutlich, spannend und langsam zu erläutern, vorträgt. Böse bin ich auf die Medienmaschine, die jemanden wie Harald Lesch zum Physik-Star aufbaut, statt ihn als Kabarettist auftreten zu lassen. Nein, da hat man dann Gunkl geholt als Doof von Dick.



Vor knapp 42 Jahren drang die Erkenntnis, dass Proton und Neutron nicht elementar sind, nachhaltig in die Gehirne der wissenschaftlich interessierten Laien. Ich will dir noch zwei besonders schöne Abschnitte aus dem Vortrag von Harald Fritsch über Naturkonstanten ans Herz legen. [Im ersten brüstet](#) er sich seines Anteils am Nobelpreis für Theodor Hänsch. Das gefällt mir deshalb so gut, weil Theodor Hänsch mal kurze Zeit mein Vorgesetzter war, so dass mir die Gnade zuteil wurde, ein längeres Gespräch mit ihm in seinem Büro zu führen. Wenn also Harald Fritsch seine Tuchfühlung zu Theodor Hänsch für würdig befindet, sich damit zu schmücken, dann will ich als das kleine Licht, das ich bin, auch nicht unter dem Scheffel ersticken. [Im zweiten](#) gefällt mir der Zusammenstoß zwischen dem ruhigen, selbstverliebten Physik-Kompetenten und dem quirligen, genauso selbstverliebten Physik-G'schaffler. Letzteren erkennst du sofort, auch wenn du sein Namensschild nicht lesen kannst. Der Kompetente kann mit der G'schaffler-Frage kaum was anfangen, findet aber doch einen pffiffigen Weg, den Verbrüderungs-Versuch von Jean Pütz in die Absurdität von dessen Hoffnung zu führen. Jean Pütz

hat ja 'ne Hoffnung gehabt ... damit bringt er sich zum dritten Mal in den Fokus, nachdem Harald Fritsch schon zwei Erregungen des G'schafflers mit steigendem Aufwand, aber doch sanft, gedämpft hat. Das ist richtig lustig, ich lege es dir wärmstens ans Herz. Beide Darsteller sind für sich genommen in dieser Episode wundervoll zu studieren. Der Jean Pütz hat schon einen richtig heißen Draht, er war mal eine Legende, heute kennt den wohl kaum noch jemand. Dabei hat er so [wichtige Botschaften](#) im Hals stecken: „Also immer wieder Lock-Out oder wie wir das haben, das schädigt nicht nur uns selbst, unsere Psyche, vor allen Dingen aber auch die Wirtschaft. Also deswegen ist es so wichtig, dass sich möglichst viele impfen lassen.“ Wenn der nicht fast so lustig ist wie Harald Lesch, dann weiß ich auch nicht, wie ich dich noch unterhalten kann. Gefällt dir? Oh! Dann magst du vielleicht auch seinen Bastelkurs für Masken und seine Skepsis gegen das Robert Koch Institut. Als Soziologe hat er sein Handwerk gelernt, das kannst du ihm glauben. Bei Wahlen kommen die Vorhersagen auf zwei bis drei Prozent genau an die Ergebnisse heran, so, aber da wird auch systematisch vorgegangen. Da wird repräsentativ gefragt. Da kommt der repräsentative Querschnitt der Bevölkerung in die statistische Auswertung, also auch Kinder und das alles und so muss man das machen mit den Corona-Tests. Nicht nach dem Zufallsprinzip, die das RKI es jetzt in Erwägung zieht. Seine Wirtschaftstheorie kommentiere ich nicht. Aber das solltest du dir anhören und dann weißt du ganz schnell, für welche Parteien Jean Pütz im Wahlkampf wirbt. Köstlich. Das sind die Botschafter, die unsere Wissenschaftsgemeinde braucht: bloß nicht am Wirtschaftssystem kratzen, denn es ist, wie es jetzt ist, schon das System der Zukunft, nämlich sozial und ökonomisch.

Damit schließe ich meinen Kommentar zum Vortrag *Das Licht der Welt* von **Harald Lesch**. Mein Unbehagen zu seinen Sendungen über Physik sollte einigermaßen deutlich geworden sein, aber ich hoffe auch, dass ich darstellen konnte, wie wenig es mit Antipathie oder ähnlichen Emotionen zu tun hat. Es gibt Tage, an denen ich ihm gerne zuschauen. Er läuft nur manchmal Gefahr, in die Nähe von Jean Pütz zu rutschen, obwohl die beiden ökologisch, geistig und politisch garantiert auf unvereinbaren Positionen hocken. Der viele Text zu diesem harmlosen Spielthema trägt der Intention Rechnung, dass ich erläutern will, welche Kriterien mich leiten, meine Zeit Clips aus dem Netz in den Rachen zu werfen. Ich bin selbstverliebt, also relativ heikel.



Murray Gell-Mann nutzte seinen universell gebildeten Geist für faszinierende Verknüpfungen von Religion, Kunst, Psyche und Physik: kreative Potenz.

[j] *Derek Muller: How Kodak Exposed The Atomic Bomb*; Beitrag von Veritasium zu einer wenig bekannten Hintergrundgeschichte über die Versuche mit Kernspaltungswaffen in den Vierzigern und Fünfzigern des Kalten Krieges. Dieses Video mag ich wieder wegen des persönlichen Bezugs, der mir dazu einfällt. Meinen Schein in TIII, Theoretische Elektrodynamik erwarb ich bei [Georg Süßmann](#), dessen Vorlesung ich als stets spannend, instruktiv und humoristisch unerwartet wertvoll empfand: „Das kennen sie ja schon zur Genüge; aus der Wurzelgeschichte kriegen wir eine zweite Lösung, nämlich dasselbe mit dem Minus statt dem Plus. Pragmatisch lassen wir das Minus fallen, weil es uns nicht in den Kram passt. Das ist nur Mathematik und hat nichts mit der Wirklichkeit zu tun. Stellen wir uns doch mal zur Abwechslung anders auf. Wenn e hoch $+\omega t$ die ebene Welle ist, dann ist vielleicht e hoch $-\omega t$ die gleiche ebene Welle, die rückwärts in der Zeit reist. Also: aus welchem Grund nennen wir die Lösung mit $+$ evident? Wir schauen alle Phänomene mit derselben Konvention an, dass der Zeitpfeil in die Zukunft zeigt. Wenn wir das Universum anschauen, sehen wir, wie es expandiert. Verwerfen wir doch einmal die Lösung mit dem Plus und sagen, die Lösung, die unsere Wirklichkeit beschreibt, trägt das Minus. Dann haben wir keine nach dem Urknall expandierende Welt, sondern eine auf den Großen Zusammenstoß zu rasende Welt. Wir sind nur zu nahe dran, um zu entscheiden, welche der beiden Lösungen richtig ist. Durch unsere Nähe zum Ereignis können wir nicht unterscheiden. Aber wenn wir weiter weg sein werden, kann es sein, dass wir Unterschiede sehen, die uns eine Entscheidung erlauben. Jetzt ist es nur Konvention, immer konsistent Plus zu nehmen. Immer konsistent Minus zu nehmen wäre genauso möglich. Es würde nichts ändern, wenn wir nur die anderen Symmetrieoperationen konsequent genauso tauschen. Aber wenn wir weit genug vom Ereignis weg sind und dann Mischungen auftauchen, dass Plus und Minus gleich häufig realisiert werden, dann stellt sich vielleicht heraus, dass Hellsichtigkeit ein elektrodynamisches Phänomen ist. Hellseher wären dann sehr seltene Individuen, bei denen bisweilen das Minus real wird. Dann vertauscht sich subjektiv für sie Ursache und Wirkung in der Plus-Welt für die wenigen Fälle, in denen sie das Minus wahrnehmen. Das heißt: sie sehen die Dinge, die für die überwiegende Plus-Welt in der Zukunft liegen, mit dem Minus rückwärts aus der Zukunft zu ihnen im Jetzt gelaufen und interpretieren diese Vision als Hellsichtigkeit.“ Ich mochte die Exkurse Süßmanns sehr gerne. Nicht, weil du davon was ableiten kannst, das dem esoterischen Quark Tür und Tor öffnet, sondern weil du Anregungen findest, über das

Prinzip voraussetzender Gewissheit nachzudenken. Dann las ich eines Tages in der Zeitung, ich denke, es war die SZ, einen Artikel von Georg Süßmann. Leider finde ich ihn nicht mehr in meiner Sammlung. Aber er polemisierte darin über die Hysterie wegen des Reaktorunglücks von Tschernobyl. Sein Argument war eine Abschätzung der vom Super-GAU über die Welt verteilten Gesamt-Aktivität, die er in Beziehung setzte zur Aktivität, die durch Atombomben-Tests in Jahren zwischen 1950 und 1980 über die Welt verteilt wurde. Sein Fazit war: keine Panik, wir hätten ungefähr dasselbe schon einmal überstanden und kaum jemand habe es bemerkt; ergo sei die überzogene Berichterstattung reine Sensations-Schlachtereier, die uns ohne substantiellen Grund verunsichere. Prompt erschien wenige Tage später eine bitterböse Erwiderung von seinem Kollegen [Klaus Stierstadt](#): Die Argumentation des Kollegen Georg Süßmann sei eines Physikers unwürdig, da sie einen entscheidenden Unterschied zwischen dem Fallout der Tests und der Verseuchung durch den Super-GAU unterschläge. Die Halbwertszeit der Radionuklide, die in Atombomben-Explosionen typisch freigesetzt würden, läge bei wenigen Tagen bis etwa einer Menschen-Generation. Jetzt aber seien Radionuklide über die Erde verteilt worden, deren Aktivität erst in tausend oder mehr Jahren zur Hälfte abgesunken sein werde. Entscheidend für die biologische Schädlichkeit sei hier die Dosis, die sich aus dem Integral über die Zeit ergäbe. In dieser Hinsicht sei die Katastrophe von Tschernobyl einzigartig schlimm, da deren langlebige Nuklide über viele Generationen hinweg vergleichsweise nahezu konstant ionisierende Strahlung freisetzen, während die Belastung durch die angeführten Tests innerhalb von wenigen Monaten und nur mit der Ausnahme des Strontiums von einigen Jahren eine zusätzliche Last für die Organismen der Betroffenen eingebracht hätten.

Diese beiden Männer gehören in meiner Erinnerung zu meinen Lieblingen unter den Lehrern an der LMU. Sie trugen eine geheimnisvolle Würde und Größe, auch eine bemerkenswerte Autorität ernsthaft erworbener Kompetenz in ihren altmodischen, zwar abgewetzten, aber doch stilvollen Stangenanzügen herum: ihre Persönlichkeiten, ihre Menschlichkeit, ihre Begeisterung und ihr offenkundiges Anliegen, den jungen Menschen beibringen zu wollen, wie man Quatsch von Nicht-Quatsch unterscheidet, das und noch mehr an Qualitäten scheint mir im Rückblick dieses wundervolle Gefühl gestärkt zu haben, dass die Weisheit mancher alternden Männer zu erleben reines Glück sei. Beim Betrachten der Videos mit Harald Fritsch genieße ich das erneut ;-)

[f] *Petter Johansson: Do you really know why you do what you do?*

[g] *Barry Schwartz: The paradox of choice*

[C] *Arron Lomas: The Truth Why Stupid People Think They're Smart*

Der Beitrag des Kognitionswissenschaftlers von der Universität Lund, Petter Johansson, ist ein Beispiel für TEDx-Vorträge, wie ich sie mag. Ich war der Veranstaltung TEDx Talk überdrüssig geworden, als ich nach einigen Zig Vorträgen das stupide Muster fand: offenkundig werden viele Vortragende in immer derselben Weise geschult, möglichst drei 'Gliederungspunkte' mit ihren hauptsächlichen Aussagen explizit zu benennen. Mehr als ein Drittel der Vorträge, die ich gierig verschlang, sah strukturell gleich aus: Erstens, Zweitens und Drittens. Eine etwas kleinere Gruppe brauchte vier Merksätze und wenige bemühten zehn davon. Zehn Gliederungspunkte kommen dann halt schon fast im Minutentakt und erinnern sowieso stark an Rubriken der BILD-Zeitung. Einen Vortrag hatte ich mir ausgesucht, der sieben Punkte nannte. Es blieben nur wenige Vorträge, die auf diese Lächerlichkeit verzichteten. Ausgerechnet diese stachen für mein Empfinden in der Qualität positiv heraus. Einer davon ist *The paradox of choice* von Barry Schwartz, den ich in Beziehung setze zu Petter Johanssons Beitrag, der wesentlich auf der [psychologischen Forschungsarbeit](#) Johanssons mit Kollegen im Jahre 2014 basiert. Das gleiche Unbehagen verleidete mir damals, Spektrum der Wissenschaft zu lesen, so sehr, dass ich mein Abonnement nach rund einem Vierteljahrhundert kündigte. Nach dem Wechsel des Chefredakteurs war das Design so umgearbeitet worden, dass die Artikel aussahen wie für Info-Fressmaschinen vorgekaut. Es war einmal ein relativ leicht lesbares, populärwissenschaftliches Blatt gewesen, dessen Charme war, zu vielen Wissenschaftsgebieten fundierte Übersichtsartikel von den jeweiligen Forschern selbst zu publizieren. Du brauchtest keine Spezialkenntnisse aus all diesen Gebieten vorzuhalten. Es genügte konzentriertes Mitdenken beim Lesen, dann konntest du dir auch mit bescheidener Vorbildung den Inhalt zum jeweiligen Artikel aneignen. Nach dem Redesign wurden die Artikel bunt und stärker strukturiert; am schlimmsten war die Gleichschaltung, dass nahezu jeder Fachartikel ausgerechnet drei Hauptthesen herausstellte, die im Fließtext mit leuchtend gelb vorangestellten Schlagzeilen markiert waren und zudem auch noch am Rand wiederholt wurden. Du wurdest dazu verleitet, zuerst diese 'Essenz' zu lesen, um dann die Lust auf den vielen Text zu verlieren. Friss die Essenz! Zack, zack, zack. Die Illusion, du hättest verstanden, worum es geht und was das Wesentliche daran sei, wird jetzt so aufdringlich in deinen visu-

ellen Cortex gehämmert, dass du davon paralysiert bist. Da hat irgendeine Sucht das Feld der populärwissenschaftlichen Medien vergiftet, mehr darüber nachzudenken, [welche drei Tatsachenbehauptungen](#) der Fachmann als Redner/Autor jeweils in die Schädel des Publikums hinein dreschen will, als über die Erkenntnis der eigenen Arbeit selbst und vor allem den Weg dorthin zu berichten. Aus leicht verständlich erklärter Wissenschaft wurde leicht zu schluckende, missionarische Regel-Speicher-Sitzung gemacht, als ginge es beim Befriedigen von Neugier drum, das Hirn zu stopfen für eine moderne, humane Analogie zur Gänseleberpastete. Sehr viele Vorträge von TEDx wollen dir einreden, in ihnen steckten [jeweils drei Geheimnisse, wie du Erfolg haben wirst](#), wenn du sie anwendest. Es können auch [vier](#) sein.

Petter Johansson hat über mich herausgefunden, was mich schon längere Zeit beunruhigt hat. Er hat es ohne mich herausgefunden, er kennt mich nicht einmal. Er hatte andere Testpersonen. Sie taten weit überwiegend etwas, das mir an mir selbst unangenehm aufgefallen war: wenn ich das Glück habe, dass mir die Lösung einer schwierigen Aufgabe gelingt, finde ich sehr flott eine rationale Erklärung dafür, wie ich das geschafft habe. Meistens lerne ich was, wenn ich ein Problem löse. Meistens liegt es an der intensiven Arbeit am Problem gepaart mit unkontrollierbaren oder von mir nicht bewusst gesteuerten Ereignissen, dass ich auf einen funktionierenden Lösungsansatz komme. Oft scheitere ich auch. Wenn ich dasselbe Problem dann jemandem abgebe, der Kraft seiner höheren Kompetenz eine Lösung findet, erkenne ich meistens hinterher, dass ich verbohrt war. Ich hätte das auch machen können, was der Kompetentere tat. Dann hätte ich ein Erfolgserlebnis gehabt. Dann hätte ich so tun können, als sei ich kompetent gewesen und hätte es deshalb geschafft. Warum ärgert es mich, dass ich Wert darauf lege, mich in einem besseren Licht zu präsentieren, als es der objektiven Wirklichkeit entspricht?

Die Arbeit von Petter Johansson besänftigt mich ein bisschen. Anderen Menschen geht es offenbar ähnlich. Was sonst wäre das: jemand gibt spüntan eine Entscheidung ab, wird mittels eines Illusionisten-Tricks darüber getäuscht, wofür er sich entschieden hat, indem er als seine Entscheidung dasjenige präsentiert kriegt, gegen das er sich entschieden hatte und wird nach dem Grund für seine Entscheidung gefragt. Instantan bastelt er sich eine plausible Begründung dafür, ohne zu erkennen, dass er sich selbst widerlegt.

Was mich seit meiner Kindheit als vermeintlicher Charaktermangel belastet hatte, dieser lächerliche Geltungsdrang eben, ich hätte meine Entscheidungen immer rational wohlwogen im Griff, obwohl ich weiß, dass das selten der Fall ist, wird durch diese Untersuchung als prinzipielles Funktionsprinzip des Gehirns erkennbar; nicht meines Gehirns, sondern des Gehirns meiner Spezies. Ich bin nicht besonders. Ich bin 'nur' normal.

Beim Verknüpfen mit Informationen aus anderen Untersuchungen wird die Komplexität des Vorgangs besser greifbar. Gunkel erzählt die Geschichte des Split-Brain-Patienten, der eine Entscheidung rational und plausibel begründet, obwohl die Versuchsanordnung offenbart, dass der konstruierte Grund eine reine Erfindung des [Patienten](#) ist, ohne dass es dem Patienten bewusst ist [\[S.2\]](#). Faszinierend und neu für mich ist die Ähnlichkeit einiger Auffälligkeiten von [angeborenem Split-Brain](#) zu Charakteristika des Autismus. Alle Forschung zu diesem Themenkreis liefert eine unüberschaubare Vielfalt an Erkenntnissen. Darüber versessen wir gerne, dass die Versuchsanordnungen in jedem Fall dem Zweck dienen, jeweils einen bestimmten Effekt zu zeigen, während die jeweils anderen Zusammenhänge nur 'Störgrößen' darstellen, die durch Geschick ausgeschaltet werden müssen, um die zu untersuchende Kausalität zu isolieren. Dieses Vorgehen entspricht physikalischen Labor-Experimenten. Physik ist die primitivste Naturwissenschaft, die wir bisher entwickelt haben. In der Physik werden die einfachsten Bestandteile der Natur jeweils unter extrem vereinfachten Umgebungsbedingungen beobachtet. Die Schwierigkeiten in der Physik entstehen nicht dadurch, dass die Gegenstände besonders komplex wären, sondern im Gegenteil: weil die Gegenstände der Untersuchungen physikalischer Gesetze so extrem einfach sind, können wir genau sie nahezu beliebig genau präparieren und unübertroffen isoliert studieren. Die Komplexität entsteht durch die Präzision. Um es zu verdeutlichen: Die Quantenelektrodynamik ist schon ein verflucht elitäres und abgehobenes Fachgebiet der Physik. Die Gegenstände sind aber die einfachsten Gebilde der materiellen Natur unserer Welt: drei Quarks und acht Gluonen. Wenn du die Reaktion von Lackmus-Papier beim Eintauchen in Zitronensäure verstehen willst, brauchst du nichts über Quarks zu wissen. Die Reaktion passiert durch physikalische Wechselwirkungen in den Elektronen-Hüllen der chemischen Stoffe. Dafür wurde die Quantenelektrodynamik entwickelt. Vermutlich gibt es keinen Physiker auf der Welt, der geschlossen ausrechnen kann, welche Farbe das Papier annimmt. Wir verstehen dem Prinzip nach,

dass die chemische Reaktion von Lackmus mit einer Säure die Elektronen in ihren Zuständen bezüglich der Kerne derart verändert, dass sich die spektrale Photonen-Absorption entsprechend ändert. Die Niveaus der Elektronen in den Molekülen ergeben sich aus den Feldern der Kerne, die Kerne sind aus Quarks zusammengesetzt. Also – was bringt uns dazu, zu denken, wir bräuchten für die Berechnung der Farbe von Lackmus in Säure keine Kenntnis der Quarks? Ganz einfach: die starke Kraft, die Quarks in Kernen zusammenhält, wird durch Vorgänge in der Hülle nicht einmal gekitzelt. Kernkraft ist so gigantisch viel stärker als die Elektrodynamik, dass wir sie bei allen chemischen Prozessen völlig vernachlässigen dürfen. Wir dürfen die Chemie aller vorstellbaren Reaktionen immer ausschließlich mit den Elektronen-Orbitalen ausrechnen, weil die beteiligten Quark-Felder in einem ganz anderen Regime, nämlich einem schier unsichtbar riesigen wirken. Aber dann müssen wir doch eigentlich die Schwerkraft berücksichtigen. Oder? Nein, Gravitation koppelt im Vergleich zu elektrodynamischen Phänomenen derartig schwach, dass sie für das Szenario eine in Säure getauchten Lackmus-Papiers völlig vernachlässigt werden darf. Gravitation ist mehrere Zehnerpotenzen schwächer als die Kräfte der QED. Also ist es ein einfaches System. Wir brauchen nur die relativistischen Schrödinger-Gleichungen für die Elektronenhüllen von Lackmus zu berechnen und zu schauen, wie sich diese ändern, wenn das Papier in die Suppe getaucht wird. Diese Gleichungen haben wir. Bloß können wir sie nicht geschlossen lösen für so große Systeme. Wir können einige Orbitale von Kohlenstoff-Verbindungen geschlossen analytisch rechnen und bei isolierten Atomen sind wir sogar schon recht lange ziemlich gut. Aber bereits bei mäßig komplizierten Verbindungen bzw. Molekülen beißt es aus. Der Schritt, die Lackmus-Reaktion zu berechnen, wird also ausgesetzt. Wir lernen auswendig, welche Farbe von Lackmus jeweils mit welchem pH-Wert korreliert. Chemie ist eine Wissenschaft, deren Gegenstände zu komplex sind, als dass wir sie exakt mit der quantenphysikalischen Feld-Mathematik ausrechnen könnten. Also machen wir abenteuerliche Näherungen, mit denen wir dort weiterkommen. Wir stellen ein Massenwirkungsgesetz auf und mitteln uns über all die unlösbaren Gleichungen der 'korrekten' Theorien hinweg. Die Biologie einer 'primitiven' Taufliede ist so komplex, dass wir mit unseren chemischen Näherungen überhaupt nicht weiterkommen. Trotzdem nennen wir die Biologie eine Naturwissenschaft. Aber es sollte klar sein, dass wir in der Biologie nur die denkbar größten Näherungen anwenden können, weil unsere chemischen Werkzeuge schon zu fein auflö-

sen, um die ganze Komplexität eines beliebig primitiven Lebewesens mit ihnen zu erfassen und ein Lebewesen analytisch mit den physikalischen Quantentheorien zu rechnen ist eine Aufgabe jenseits von Eden. Diesen Gedankengang habe ich von Murray Gell-Mann aus seinem sehr leidenschaftlichen Buch „Das Quark und der Jaguar“. Zuerst war ich geschockt: Physik sei die einfachste Naturwissenschaft, aber deshalb halt auch die einzig exakte. Sobald du darüber nachdenkst, wird dir die Genialität dieser Aussage klar. Was hindert unsere Lehrer, uns diesen Sachverhalt von Anfang an zu vermitteln?

Murray Gell-Mann geht es in diesem Buch vor allem darum, die überragende Herausforderung der Wissenschaft im 21. Jahrhundert zu skizzieren: Komplexität. In gewisser Weise verbinden sich viele Disziplinen auf dem Gebiet der Komplexitätsforschung. Eine zentrale Lichtgestalt im Kontext ist Benoit Mandelbrot. Seine Arbeiten zeigen mir besonders eindrucksvoll die enge Verknüpfung von Einfachheit und Komplexität. Für diesen Kommentar nutze ich nur diesen Zusammenhang. Er kristallisiert sich heraus, wenn ich den TED-Talk von Barry Schwartz in Beziehung setze zum TED-Talk von Petter Johansson.

Barry Schwartz belegt nachvollziehbar und sauber ausgearbeitet die Grausamkeit, die ein Überangebot auf die Psyche des Interessenten ausübt. Wohl gemerkt: der einzelne Konsument wird im Bild des Status Quo, das Schwartz von ihm zeichnet, im Bezug auf Konsum und Glücksgefühl komplett durch ein Paradoxon bestimmt, das es nahe legt, das Dogma von Freiheit durch Auswahl ernsthaft zu hinterfragen. Und es wird offenkundig in seinen Ausführungen, dass dieser paradoxe Effekt entsteht, ohne dass die Gemeinschaft der Anbieter irgendeine böse Absicht dahinter verfolgt. Am Vortrag von Barry Schwartz liebe ich es sehr, dass an keiner Stelle auch nur der Hauch einer Verschwörung-Hypothese auftaucht. Die Anbieter bilden eine anonyme Menge nicht wesentlich miteinander kommunizierender Produzenten und Händler von Waren, fertig. Was er darlegt sind Wirkungen, die er aus den einfachen Regeln der bekannten Psychologie des menschlichen Geistes ableiten kann und zwar des Geistes des einzelnen Konsumenten. Zwar profitieren die Anbieter davon, dass sich durch Konsum beim Individuum keine Sättigung ergibt, sondern der Hunger wächst, aber diese Wirkung braucht nicht von den Nutznießern gesteuert zu werden.

Barry Schwartz ist damit eine Argumentation gelungen, die sehr tiefen Einblick in die Komplexität der menschlichen Psyche offenbart: jeder von uns neigt zu binären Entscheidungen, weil sie die größtmögliche Erfolgsaussicht bieten, aus ihnen zu lernen und damit durch Erfahrung seine eigenen Chancen auf verbesserte Lebensumstände in der Zukunft zu verbessern. Darauf läuft die Argumentation hinaus: je einfacher und breiter anwendbar eine Regel für Detailprobleme ist, desto besser sind die Aufgaben damit zu meistern, auf die diese Regel passt. Konkret nennt er das Telefon: die Entscheidung, ob du ein Telefon nimmst oder nicht, ist sehr leicht zu treffen, weil du eine ganz einfache Entscheidungsmatrix dafür anfertigen kannst. Hast du aber außer der Frage 'ob :: ja/nein' (binär) auch noch zusätzlich zu wählen, welchen Provider, welche Zusatzfunktionen, welchen Tarif und überhaupt alles, das heutzutage gegeneinander abgewogen werden muss, wenn du eine Entscheidungsmatrix zum Erwerb eines Telefons machen wolltest, wärst du hoffnungslos überfordert. Sobald du entscheidest, dass du ein Telefon brauchst, beginnt ein chaotisches Wettstreifen nicht zu überblickender Funktionen, Funktionskombinationen, Qualitätsmerkmale, Kostenfaktoren, Kompatibilitätsansprüche und emotional übersäuerter Modeklischees deine geistigen Fähigkeiten zu binden. Mir spricht die Aussage aus der Seele, denn genau diese Zusammenhänge machen es mir so schwer bis oft genug unmöglich, etwas einzukaufen, von dem ich zwar weiß, dass ich das Prinzip dahinter brauche, aber von dem ich nicht entscheiden kann, welche Details mich bei der Nutzung entlasten, nerven, behindern oder fördern werden. Ich müsste Experte dieser Ware werden, die es aber nicht wert ist, ausreichend Zeit zu investieren, um solch ein Experte sein zu können.

Barry Schwartz vermeidet es bemerkenswert, in dieser glänzenden Analyse eine Schuldzuweisung vorzunehmen. Das tut dem Vortrag gut. Trotzdem erlaube ich mir, darauf hinzuweisen, dass ein unbekannter Anteil der anonymen Anbieter sehr genau psychologisch analysieren ließ und immer wieder lässt, wie ein Produkt beschaffen sein muss, um die Illusion der damit verknüpften Zufriedenheit des Kunden im virtuellen Bereich zu halten und zugleich im konkreten Fall zu enttäuschen. Ein Beispiel: Restaurantketten ließen von Verhaltensforschern ermitteln, wie die Einrichtung einer Gaststube beschaffen sein muss, um einen optimalen Durchsatz zu ermöglichen. Ergebnis: die Gestaltung muss dem Zeitgeschmack der Zielgruppe möglichst entgegenkommen, gemütlich aussehen und einen Flair des entspannten Verweilens

ausstrahlen, aber die Sitzmöbel müssen unbequem sein und die Wege der Servierkräfte müssen maximale Unruhe um möglichst jeden Tisch herum garantieren. Dadurch fühlt sich ein Gast möglichst eine Viertelstunde, nachdem er aufgegessen hat, unruhig und unwohl. Weil alles so romantisch gemütlich aussieht, schiebt der Gast seinen Trieb, zu fliehen, auf seine vom Etablissement unabhängige Konstitution und macht den Platz frei für eine weitere Schicht aus Konsumenten. Ein gemütliches Wirtshaus, das die Gemütlichkeit, die es verspricht, auch konkret in der Wirklichkeit hält, wird im Mittel die Gäste viel zu lange nach dem Verzehr der Speisen an ihr Bier oder ihren Wein kleben und damit das Potenzial verspielen, mehrere Schichten pro Abend und Tisch abzufertigen. Der Gast darf halt nicht merken, dass er auf raffinierte Weise quasi hinaus komplimentiert wird.

Ein anderes Beispiel: du willst einen großen Teil deines Hausdachs mit Sonnenkollektoren bestücken. Du rechnest aus, dass du mit gut 30 Quadratmetern Kollektorfläche voraussichtlich über fünfzig Prozent des Heizenergie-Bedarfs an fossilem Brennstoff einsparen wirst. Aber die Kollektoren müssen unter dem Winkel des Breitengrades, auf dem dein Haus steht, aufgeständert werden. Das sind rund fünfzig Grad. Du beantragst eine entsprechende Genehmigung und wartest dann unter Zeitdruck auf Antwort vom Stadtbauamt. Dein Umbau ist fast abgeschlossen und du musst jetzt die Entscheidung treffen; Auftrag erteilen? Du rufst den Zuständigen Sachbearbeiter im Stadtbauamt an und fragst ihn nach dem Bescheid. Herr Hagenauer sagt dir: „Nein, das können sie nicht machen. Sie dürfen die Kollektoren in der gegebenen Dachneigung anbringen, aber was sie machen wollen, das geht auf keinen Fall.“ Du hast gerade eine nagelneue Brennwertheizung für das städtische Erdgas einbauen lassen und würdest diese Einnahmequelle der Stadt mindern. Du hast aber ausgerechnet, dass die große Fläche der Kollektoren an einem wolkenlosen Sommertag um die Mittagszeit eine so gigantische Wärmemenge in dein System einspeisen würde, dass davon zehn Kubikmeter Speicherwasser von zwanzig Grad am Morgen bis zum Abend zum Kochen gebracht würden. Zwanzig Tonnen kochenden Wassers bringst du über Nacht nicht mehr runter auf zwanzig Grad. Du müsstest also die Kollektoren vom Speicher trennen. Das hat für die selektive Schicht der Absorber fatale Wirkung und zerstört auf Dauer den Wirkungsgrad der Anlage. Im Winter sind die flach (24°) auf den Pfannen liegenden Kollektoren unbrauchbar, weil der Schnee auf ihnen liegen bleibt. Es ist unsinnig, in solch eine Anlage zu

investieren. Da wurde also von Herrn Hagenauer meine Wahl auf das Ideal begrenzt, von dem Barry Schwartz redet. Nur ist es in diesem Fall ausgerechnet wieder nichts Gescheites. Denn ich habe in der Vorlesung bei [Rudolf Sizmann](#) gelernt, solche Systeme zu berechnen und kann die Probleme erkennen, die sich aus den physikalischen Gesetzen ergeben, wenn ich sie so anbringe, wie Herr Hagenauer es erlaubt. Meine mündliche Prüfung in angewandter Physik habe ich bei Herrn Sizmann zum Thema „Physik zur praktischen Nutzung der Sonnenenergie“ gemacht und die Zensur (1,0) scheint darauf hinzudeuten, dass ich nicht ganz inkompetent bin, was die praktische Nutzung der Sonnenenergie betrifft. Sonnenkollektoren, die in unserer geografischen Breite ($\sim 50^\circ$) unter 24° gegen Süden geneigt betrieben werden, überhitzen im Sommer und liefern nichts im Winter. Ist halt mal so. Die Kollektoren sollen möglichst senkrecht bestrahlt werden, wenn es draußen kalt ist und streifend, wenn es draußen heiß ist. Dann kriege ich das Maximum raus, wenn ich viel brauche und schütze die Technik vor Schaden, wenn ich wenig brauche. Das kriege ich am besten hin, wenn ich die Kollektoren unter dem Winkel des Breitengrads montiere. Das erklärst du dem Herrn Hagenauer dann mal. Er wird dich hassen, weil er das als Zimmermann mit Schreibtisch-Arbeit im öffentlichen Dienst nicht nachvollziehen kann. Er wird keine Gelegenheit auslassen, dir Knüppel zwischen die Beine zu werfen.

Das Beispiel illustriert die Komplexität, die in jedem Einzelfall aufkeimt, in dem Entscheidungen zu treffen sind. Es kann richtig sein, einen Herzenswunsch fallen zu lassen, wenn die Wahl für die Realisierung so stark begrenzt wird, dass es eigentlich dem Ideal entspricht, das Barry Schwartz fürs Telefon schildert. Dennoch ist die von Barry Schwartz dargelegte Tatsache völlig korrekt als ein wesentlicher Grund für das Unbehagen reicher Menschen, die wir im dominanten Westen des Globus allesamt sind, verantwortlich: jedes Tier will sein Schicksal günstig beeinflussen, wozu Entscheidungen zu treffen sind, die zu maximal günstigen Prognosen führen. Was wir heute gerne vergessen: das größte Kapital eines Menschen ist seine Verbundenheit zur Gemeinschaft mit anderen Lebewesen. Ich bin kein Romantiker, wenn ich das hier schreibe. Erst recht kein Egoteriker ... diesen Begriff erläutere ich später. Sondern es erweist sich, dass die Wohlfahrt des Einzelnen darauf gründet, was durch andere Lebewesen erschaffen wird. Das erklärt sich einfach. Der Mensch ist evolutionär voll und ganz in die Biosphäre der Erde hinein gewuchert. Er atmet Sauerstoff, der das Abgas der

assimilierenden Pflanzen aus deren Photosynthese ist. Er isst Früchte, die das Ergebnis der Befruchtung von Blüten mit Pollen durch Insekten sind. Er isst Fleisch, das von den Körpern der Tiere stammt, die wiederum Körperteile anderer Lebewesen (Pflanzen, Tiere) sind. Das setzt sich zur menschlichen Gesellschaft fort. Unsere Technologie baut auf der geistigen Arbeit der Grundlagenforscher auf. Deren notwendige Bildung baut auf den geistigen Arbeiten der Sokratiker auf. Deren Ideen waren inspiriert durch Kontakte zu den Ägyptern. Das kannst du zurückführen bis in die Steinzeit. Liebe zur Kunst findest du in 30000 Jahre alten Venus-Figurinen und Höhlenmalereien. Wo du auch hinschaust: ich bin nichts und vor allem nicht überlebensfähig ohne meine Ahnenreihe oder die Tierwelt, die Pflanzenwelt, die Bakterien, die Viren, die Pilze. Ich bin so sehr verstrickt in dieses Gewimmel der belebten Welt, dass ich keinen Quark von Spiritisten brauche, die mit ihrer überzogenen Eigenliebe und Fehlinterpretation der Naturgesetze in jedem Einzelfall, den ich in Familie und Bekanntenkreis schon zu spüren kriegte, den grausamen und unethischen Herrschaftsanspruch sah. Spiritualität ist denen, die Natur nicht verstehen, die Ersatztechnik, trotzdem zu überleben. Mit Spiritualität gelingt es, Jünger zu sammeln, die den Unfähigen unter der Prämisse füttern, er verfüge über Zauberkräfte, die er mit denen teilt, die ihn verwöhnen. Spiritualität öffnet dem Parasiten den Zugang zum vermeintlich höchstwertigen Wirt unter allen Wirten: dem Mensch. Egoterik ist die Kunst, das Nichts mit Marketing im Wert über die Dinge zu stellen, um diesen Wert dann für sich selbst zu Dingen zu materialisieren. Der neueste Trend in der Egoterik ist, Rinderscheiße für zehn Euro pro Kilogramm an die Brüder und Schwestern im armen Geiste zu verkaufen, weil die getrockneten Fladen im Räucherwerk böse Geister, Krankheit und Atromstrahlen (sic!) unschädlich machen. Die Kuh, die schiss, darf aber keine abgeschnittenen Hörner haben, weil die Zauberkraft der Exkreme wesentlich von den Hornspitzen zehrt.

Woher kommt nun diese faszinierende Selbstgefälligkeit derer, die nachweislich nichtfunktionierende Rituale vertreiben, indem sie den gesamten Technologie-Apparat der auf Naturwissenschaft beruhenden Medien für ihre Werbung nutzen, in der sie eben dieses Werkzeug verunglimpfen? Arron Lomas gibt dazu in seinem Clip **[C]** einen recht netten Ansatz für ein plausibles Erklärungsmodell: einfach strukturiertes Denken legt es nahe, sich selbst zu überschätzen. Komplexes Denken stellt alles, auch sich selbst, in Frage.

Der Unterschied zwischen einem Laien und einem Professionellen ist, dass der Professionelle immer weiß, dass seine Aussagen bezogen auf seinen Gestaltungsraum gelten, aber nicht außerhalb, während ein Laie im Vertrauen auf die Kompetenz des Genies und die Genialität der eigenen Auffassungsgabe naturwissenschaftliche Erkenntnisse absolut wertet. Das ist einer der guten Gründe dafür, dass Albert Einstein zum Mythos werden musste: er hat die essentiellen Säulen des menschlichen Urvertrauens erschüttert, indem er zeigte, dass es im Einklang mit den Naturgesetzen keine absolute Zeit, keinen absoluten Raum und noch nicht einmal eine Trennung von Raum und Zeit geben kann. Der Laie vernimmt also die Lehre Einsteins von der Relativität der Raumzeit und schließt, alles sei relativ. Das ist freilich eine Aussage ohne jeden Wert. Relativ im Bezug worauf? Welchen Sinn findest du in der Aussage: mein Auto ist relativ? Oder der Mond ist relativ. Oder dieser Satz ist relativ. Ein Hauptsatz, der einen Relativsatz mit dem Kontext belebt, einen Sinn zu ergeben, ist relativ. Relativ was und wozu? Relativität hat transitiven Charakter. Ein Bezug existiert zu etwas oder es ist kein Bezug.

Ein Beispiel aus der populärwissenschaftlichen Aufklärung via Fernsehen soll demonstrieren, wo ich das Problem aufblitzen sehe. Wer gerne [Quarks & Co](#) schaut, hält sich vermutlich für informiert. „Wenn die Neutrinos dann im Labor eintreffen, stoppen die Physiker die synchronisierten Uhren und lesen die Laufzeiten ab.“ Den Satz versteht jeder. Jeder weiß, was gemeint ist.



Je einfacher dein Geist gestrickt ist, desto weniger stark ist dein Drang, den Inhalt dieses Satzes auf die Goldwaage zu legen. Die werden das schon können. Bankräuber in Hollywood-Krimis synchronisieren ihre Uhren vor dem Überfall auch immer. Fritz Lang hat es [1931](#) vorgemacht. Ein Physiker, der eine Uhr stoppt, die gerade einmal zweieinhalb Millisekunden vorher eingeschaltet wurde, muss verflixt flinke Finger haben. Gut, die Physiker werden die Uhren nicht stoppen, sondern sie werden eine Vorrichtung erdacht und gebaut haben, die das Detektorsignal für die Registrierung des Ereignisses verwendet, um automatisch und verzögerungsfrei (?) die Zeit des 'Impacts' abzuspeichern. Für diese lange Erklärung war im Fernsehen die Zeit zu kostbar, also haben sie im Quark-Beitrag rhetorisch abgekürzt, weil ja jeder (!) versteht, was damit gemeint ist. Genau genommen verwenden Lehrer die Methode der Vergrößerung, um den Geist des noch nicht ausgebildeten Schülers ohne Überforderung an das zu vermittelnde Ziel langsam hinzuführen. Einigen wir uns darauf. Das passt dann immerhin schon einmal zu der Hypothese, die ich interpretierend Barry Schwartz unterstelle: die ideale Wahl ist binär: ja oder nein.

Testen wir doch diesen Ansatz an einem Spruch von [Albert Einstein](#): „Mache die Dinge so einfach wie möglich. Aber nicht einfacher!“ Die Kraft, die aus diesem Zitat strömen kann, ist einem einfach gestrickten Geist nicht zugänglich. Zwischen den Zeilen schwingt nämlich eine verborgene Voraussetzung mit: du musst die ganze Wahrheit über das Ding kennen, um zu entscheiden, was du weglassen darfst. Solche Leute, von denen Arron Lomas in **[C]** despektierlich als Dummköpfe oder Idioten spricht, neigen dazu, den mit solchen Aphorismen verknüpften Prestige-Appell zur Rechtfertigung ihrer Ignoranz zu verwenden. Aber sie haben den Witz daran gar nicht durchdrungen. Eine mögliche Variante desselben Zitats von Einstein ist die Interpretation: „Arbeite dich in ein Problem tiefer hinein als jeder vor dir und wenn du dann etwas Neues darin findest, das vor dir noch keiner ausdrücken konnte, darfst du das Maul aufreißen. Ansonsten sei bitte still.“ Ja, das ist nicht dasselbe, sondern nur einer der Aspekte. Ich bin ja auch nicht annähernd so unabhängig im Geist, phantasie reich und kreativ, wie Albert Einstein es gewesen ist. Das ist ein Urkonflikt der Kritiker: sie vermitteln zwischen dem Genie und dem Idioten, wobei sie keinem der beiden gerecht werden. Ich bin ein feuilletonistischer Kritiker, oh je. Glaube mir nichts, prüfe alles nach!

Was also kritisiere ich an dem Beitrag von Quarks & Co als unzulässige Vereinfachung? „Die synchronisierten Uhren“ ... wenn auch jeder weiß, was gemeint ist und dass es funktioniert: wie reden bei dem Experiment von einem Test der Relativitätstheorie Albert Einsteins. Das OPERA-Team hat zur Messung der Geschwindigkeit von Neutrinos, die auf der Grundlage der bekannten Gesetze der Physik auf nahezu Lichtgeschwindigkeit geschätzt werden durfte, in einer penibel ausgetüftelten Versuchsanordnung gemessen. Dazu haben sie mindestens zwei Uhren synchronisiert. Eine im SPS des CERN bei Genf und die andere im Labor des 731 km entfernten Gran Sasso Gebirges. Wie synchronisiert ein Physiker zwei an verschiedenen Orten aufgestellte Uhren? Wir stellen uns naiv und neugierig: Physiker machen es wahrscheinlich nicht wie der Kerl in M, der die Dame vom Amt anruft und die Zeit auf die Minute genau angesagt kriegt. In einer Minute fliegen die Neutrinos aus dem Synchrotron zweitausend Dutzende der Messstrecke, nämlich fast achtzehn Millionen Kilometer weit. Das disqualifiziert die Synchronisationsmethode der Gangster fürs OPERA-Projekt. Die Dame vom Amt macht da keinen Stich. Aber wie haben sie es dann gemacht? Nehmen wir mal an, sie haben den sehr genau bekannten Wert der Lichtgeschwindigkeit genommen und mit den sehr genau per Satelliten vermessenen Wert für die Flugstrecke verrechnet; dann können sie sagen: wir starten im CERN die Uhr synchron zum Neutrino-Bündel, das wir senden. Könnten wir synchron zum Neutrino-Strahl einen Lichtpuls senden, käme er – wenn er nicht von der Erdkruste verschluckt werden würde – nach 731 km geteilt durch c im Labor von Gran Sasso an. Dazu musst du im Kopf behalten: die Physiker haben sich inzwischen die Freiheit herausgenommen, die Lichtgeschwindigkeit im Einklang mit der Idee einer Raumzeit zu definieren und daraus die Länge des Meters abzuleiten. Früher war die Lichtgeschwindigkeit ein ziemlich krummer Wert gewesen, weil man sie aus dem voreilig und stümperhaft als Platinstab verkörperten Meter-Normal und einer charakteristischen Schwingungsdauer eines ganz bestimmten, gut reproduzierbaren Elektronen-Übergangs (Atom-Uhr) konstruiert hat. Inzwischen ist die Einsicht gewachsen, dass es praktischer ist, die Lichtgeschwindigkeit c glatt zu definieren und die Länge eines Meters aus c und diesem atomaren Frequenz-Normal abzuleiten. c ist also fix:

$$c = 299792458 \text{ m/s}$$

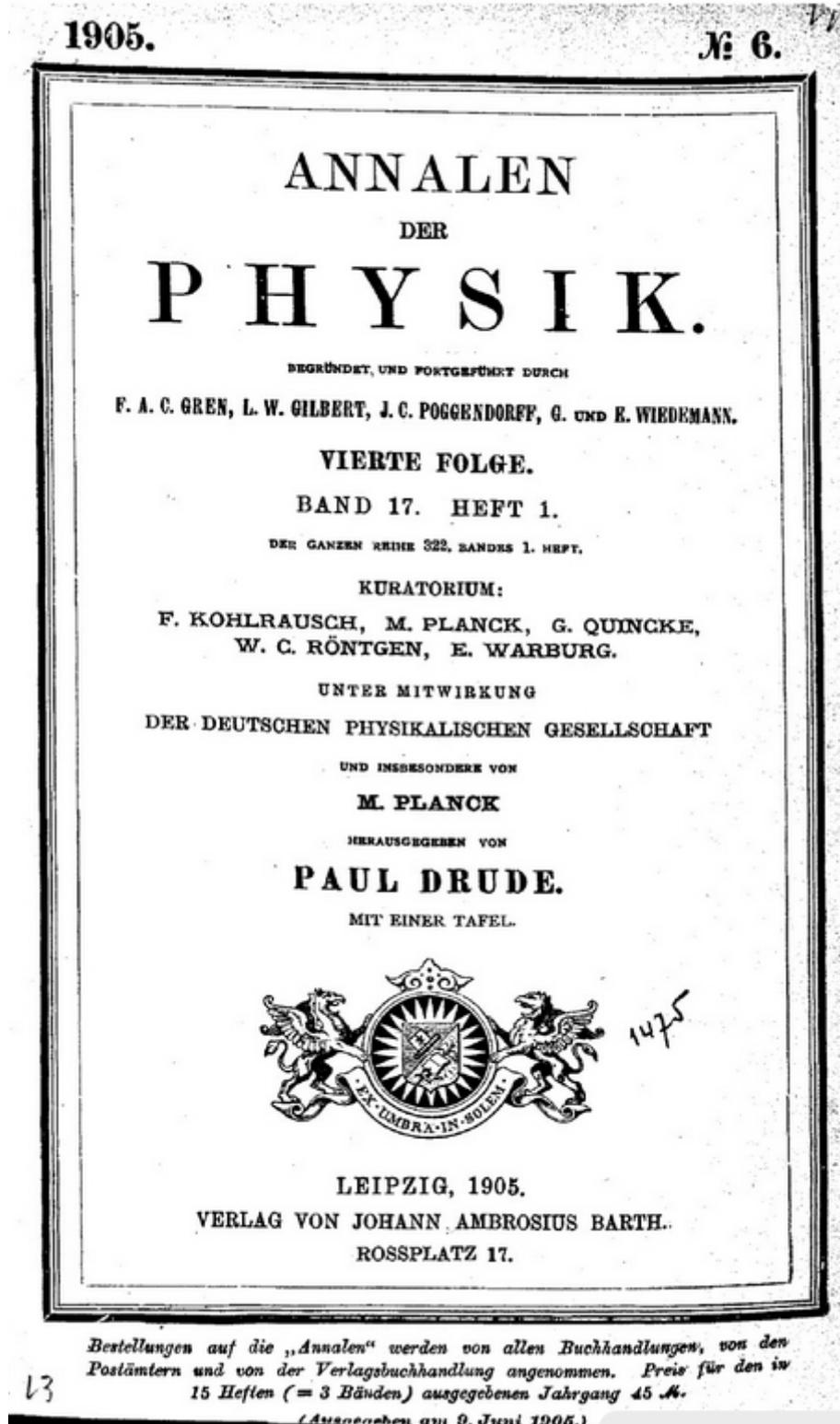
Ein Meter ist diejenige Strecke, die Licht pro Sekunde/c, also im c-ten Teil einer Sekunde zurücklegt. Das sind 3,33564095... Nanosekunden. Die gerade Strecke zwischen CERN und Gran Sasso haben die Physiker mit Satelliten-Navigation (GPS) und Euklidischer Geometrie auf 20 Zentimeter genau vermessen: 731278,0 Meter. Wäre zwischen Start und Ziel eine luftleere Röhre eingebracht worden, würde der Lichtstrahl also so lange brauchen:

$$731278,0 \text{ m geteilt durch } 299792458 \text{ m/s} = \mathbf{0,002439264} \text{ Sekunden}$$

Immerhin sind das also fast zweieinhalb Millisekunden, (bloß viel genauer...)

Die Neutrinos brauchten dafür – nach der TV-Quark-Grafik: 2439227,7 ns. Nanosekunden sind Millionstel Millisekunden, folgt: **0,002439228** Sekunden. Siehst du es? Die Neutrinos waren 36 Nanosekunden zu früh am Treffpunkt. Das hat sich freilich keiner von den Physikern getraut, es zu erzählen. Logisch. Das kann dich das Leben kosten, wenn nicht sogar die wissenschaftliche Reputation! Sie haben den Fehler in ihrem Experiment gesucht, NIX! Das wird den Nobelpreis geben, wenn es *wirklich* stimmt. Aber wenn es nicht stimmt, dann kennt jeder Physiker auf der Welt den Namen des Verkünders dieses Irrtums. Der macht dann so schnell bei keinem großen Projekt mehr mit. „Immer wieder dividieren die Physiker die Strecke zwischen Genf und Gran Sasso durch die Laufzeiten.“ So einen schwachsinnigen Satz muss man sich auf der Zunge zergehen lassen. Für wie blöd werden die Physiker denn hingestellt, dass sie erst merken, was los ist, wenn sie dividiert haben? Sie haben die Streckenlänge und sie haben c, also haben sie die Laufzeit von Licht. Sie messen direkt die Laufzeit der Neutrinos. Sie verglichen selbstverständlich die gemessenen Laufzeiten mit der errechneten Licht-Laufzeit. Dieser Vergleich ist eindeutig und liefert eine Differenz zwischen Theorie und Experiment: 36 Nanosekunden haben die Teilchen weniger lang gebraucht als Lichtteilchen gebraucht hätten. Da dividiert kein normaler Mensch, geschweige denn ein Physiker, wenn das Ergebnis eh schon dasteht. Außer er sucht die relative Abweichung des Experiments von der Erwartung: sie waren um $36/2439264 = 0,0015\%$ zu schnell. Hinter all dem journalistischen Geschwafel um den heißen Brei herum mit all den Ziffern, deren Notwendigkeit nirgendwo erklärt wird, verliert sich die Frage: wie synchronisiert denn ein Physiker zwei Uhren, um damit die Geschwindigkeit von Neutrinos zu messen, die nahezu mit c fliegen? [Im Quark-Clip sind es 53 ns ... [auch egal](#)]

Diese Stelle meines Kommentars zur Verknüpfung der drei Clips von
[f] *Petter Johansson: Do you really know why you do what you do?*
[g] *Barry Schwartz: The paradox of choice*
[C] *Arron Lomas: The Truth Why Stupid People Think They're Smart*
eignet sich gut, dir eine Überraschung zu bereiten. Dazu bemühe ich ein altes
Buch, in das 'normale' Menschen zu selten einen Blick zu werfen wagen:



Du kannst dir das ganze Buch herunterladen. Oder du liest es online. Oder du schaust dir nur [die hier relevanten Seiten](#) an. Ich schätze, dass mindestens fünfzig Millionen meiner Landsleute schon einmal irgendwas über Einsteins Relativität abgesehen haben. Den wenigsten davon ist klar, dass es zwei Theorien gibt, in denen Albert Einstein die Relativität abhandelt. Für den Quark vom Fernsehen genügt uns die kleinere der beiden, die spezielle Relativitätstheorie aus dem Jahre 1905, deren Originaltext der Publikation du unter dem oben dargereichten Zugang für deine Überraschung nutzen kannst. Du wirst verstehen, worauf Albert Einstein hinaus will, ohne dass es dir ein Interpret der Zunft vorkauen muss. Denn Albert Einstein konnte sich sehr präzise und hervorragend verständlich ausdrücken. Den Teil mit den mathematischen Formeln musst du nicht unbedingt lesen. Denn das entscheidende Argument für den Quark-Beitrag kommt schon ganz vorne im Fließtext allgemein verständlich zum Tragen. Ich springe auf Seite 892 der Annalen, das ist die zweite Seite des Artikels von A. Einstein. Er beginnt nach der Vorrede, die klar die Thematik umreißt, ein Problem mit der klassischen Elektrodynamik nach James Clerk Maxwell gelöst zu haben, mit I. Kinematischer Teil. § 1. Definition der Gleichzeitigkeit. Ich löse dir den Abschnitt heraus, der für den Fernseh-Quark relevant ist, weil ich dir nicht traue. Ich fürchte, du wirst dich um das Vergnügen bringen, immerhin wenigstens die ersten drei oder vier Seiten der speziellen Relativitätstheorie zu lesen. Du hättest die Chance, dir ein eigenes Bild von dem zu machen, was tatsächlich hinter diesem so oft missbrauchten Mythos steckt. Ich sage nicht, du wirst Spezialist in Einsteins Relativität, wenn du die Arbeit liest. Aber ich behaupte, dass du höhere Resistenz gegen Voodoo erlangen wirst:

Befindet sich im Punkte A des Raumes eine Uhr, so kann ein in A befindlicher Beobachter die Ereignisse in der unmittelbaren Umgebung von A zeitlich werten durch Aufsuchen der mit diesen Ereignissen gleichzeitigen Uhrzeigerstellungen. Befindet sich auch im Punkte B des Raumes eine Uhr — wir wollen hinzufügen, „eine Uhr von genau derselben Beschaffenheit wie die in A befindliche“ — so ist auch eine zeitliche Wertung der Ereignisse in der unmittelbaren Umgebung von

1) Die Ungenauigkeit, welche in dem Begriffe der Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse an (annähernd) demselben Orte steckt und gleichfalls durch eine Abstraktion überbrückt werden muß, soll hier nicht erörtert werden.

B durch einen in B befindlichen Beobachter möglich. Es ist aber ohne weitere Festsetzung nicht möglich, ein Ereignis in A mit einem Ereignis in B zeitlich zu vergleichen; wir haben bisher nur eine „ A -Zeit“ und eine „ B -Zeit“, aber keine für A und B gemeinsame „Zeit“ definiert. Die letztere Zeit kann nun definiert werden, indem man *durch Definition* festsetzt, daß die „Zeit“, welche das Licht braucht, um von A nach B zu gelangen, gleich ist der „Zeit“, welche es braucht, um von B nach A zu gelangen. Es gehe nämlich ein Lichtstrahl zur „ A -Zeit“ t_A von A nach B ab, werde zur „ B -Zeit“ t_B in B gegen A zu reflektiert und gelange zur „ A -Zeit“ t'_A nach A zurück. Die beiden Uhren laufen definitionsgemäß synchron, wenn

$$t_B - t_A = t'_A - t_B.$$

Wir nehmen an, daß diese Definition des Synchronismus in widerspruchsfreier Weise möglich sei, und zwar für beliebig viele Punkte, daß also allgemein die Beziehungen gelten:

1. Wenn die Uhr in B synchron mit der Uhr in A läuft, so läuft die Uhr in A synchron mit der Uhr in B .
2. Wenn die Uhr in A sowohl mit der Uhr in B als auch mit der Uhr in C synchron läuft, so laufen auch die Uhren in B und C synchron relativ zueinander.

Wir haben so unter Zuhilfenahme gewisser (gedachter) physikalischer Erfahrungen festgelegt, was unter synchron laufenden, an verschiedenen Orten befindlichen, ruhenden Uhren zu verstehen ist und damit offenbar eine Definition von „gleichzeitig“ und „Zeit“ gewonnen. Die „Zeit“ eines Ereignisses ist die mit dem Ereignis gleichzeitige Angabe einer am Orte des Ereignisses befindlichen, ruhenden Uhr, welche mit einer bestimmten, ruhenden Uhr, und zwar für alle Zeitbestimmungen mit der nämlichen Uhr, synchron läuft.

Wir setzen noch der Erfahrung gemäß fest, daß die Größe

$$\frac{2 \overline{AB}}{t'_A - t_A} = V$$

eine universelle Konstante (die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raume) sei.

Albert Einstein erklärt, was er unter zeitlicher Auswertung versteht: das Ablesen der Zeigerstellung einer Uhr. Er verwendet nur zwei Wörter, die einem ABC-Schützen eventuell Probleme bereiten könnten: *Definition* und *synchron*. Definition erklärt er implizit durch den Gebrauch von 'festsetzt'. Und synchron definiert er mit Hilfe des transparent dargelegten Begriffs 'gleichzeitig'. Der Text richtet sich an professionelle Physiker seiner Zeit. Er wurde in der

führenden Fachzeitschrift der Weltgemeinde der Physiker publiziert. Maßgeblicher Herausgeber dieser 'Zeitschrift' war Max Planck. Die Wissenschaftler hatten damals gerade den Sprung von der Gelehrtensprache Latein zur Umgangssprache des Volkes vollzogen. Die Wissenschaftler hatten es nicht mehr nötig, sich hinter Jargon, Fachtermini und Haarspaltereien vor dem niederen Volk zu verschanzen. Denn sie hatten Botschaften. Das Menschenhirn kann über die Welt nachdenken und auf Sachen kommen, die nahezu jeder versteht, der angeregt wird, sie sich klar und in Ruhe auch zu überlegen. Gerade durch den Gebrauch einer einfachen Sprache erweist sich die Genialität ganz vieler Gedanken auch vieler anderer Artikel, die in den Annalen der Physik von damals – vor den Weltkriegen – gesammelt und der Weltöffentlichkeit zugänglich gemacht wurden. Ein Fachbuch wie die Annalen der Physik wurde in die Bibliotheken gestellt. Es stand den Menschen zur Verfügung, aber nicht, um kommerziellen Nutzen aus der Vermarktung zu ziehen, sondern um als Autor die Neugier der Kollegen und der interessierten Laien anzuregen und um als Rezipient selbst an den Gedanken der anderen Forscher teilzuhaben. An den Gedanken, nicht etwa an deren Geschick, einen grandiosen Fundus an unverständlichen Termini zur Schau zu stellen. Wenn ich heute in meiner ziemlich trivialen Arbeit an einer erzwungenen Sitzung teilnehme, verstehe ich kaum noch die Hälfte der verwendeten Substantive. Das hätte Albert Einstein 1905 ganz genauso machen können. Den Textausschnitt, den ich dir oben hin kopiert habe, kann ich dir ganz leicht in den Kauderwelsch übersetzen, den die meisten meiner ehrgeizigen G'schaftler-Kollegen nutzen, um in der Herde der angepassten Angeber möglichst nicht als Tölpel aufzufallen. Ich beobachte eine Periodenverdopplung im Scheitern unserer Arbeitsergebnisse. Das hängt auch mit der Sprache und der Pervertierung ihres Zwecks zusammen. Die jungen Leute werfen wir heute in eine Umgebung, in der die erfahrenen Mitarbeiter schon gelernt haben, wie sie auf 'Meetings', in 'Briefings' und bei 'Telcos' hinter einem Schwall hohler Fremdwörter, die sie in ihre Community pitchten, verstecken, dass sie rein gar nichts beizutragen haben, das würdig wäre, von neugierigen Gehirnen verarbeitet zu werden. Beschäftige die Gehirne deiner Nahrungskonkurrenten mit aufwändigen, wenngleich fruchtlosen Übersetzungsaufgaben, damit sie so blöd werden, wie du selbst es schon lange bist. Freilich ist es eine Wanderung auf dem Grat: viele der verwendeten Fachausdrücke helfen, komplizierte Randbedingungen effizient festzulegen, um sich dem Kernproblem widmen zu können. Es ist eine Frage der Ausgewogenheit. Welchen Vorteil bietet der Begriff

Source-Code gegenüber Quelltext? Ist Ordner nicht sogar schneller gesagt und begriffen als Directory? Das sind die Trivialitäten, über die sich niemand mehr aufregt, aber mit denen daher auch keiner mehr punkten kann. Was aber darüber hinaus mit dem Jargon passiert, eskaliert in Unfug.

Die spezielle Relativitätstheorie Albert Einsteins war 1905 kein Unfug. Der junge Mann, der sie eingereicht hatte, promovierte gerade. Er war also gewiss nicht etabliert in der Gemeinde der Physiker. Seinen akademischen Doktorgrad erhielt er erst 1906 für eine Arbeit über die Atom-Hypothese. Eine Theorie zum Bau der Materie aus Atomen konnte man es kaum nennen, was damals bekannt gewesen war. Die Physik kann nichts Besseres liefern als eine Theorie. Der menschliche Geist kann nichts Besseres hervorbringen, als eine Theorie. Theorie ist eines der Wörter, über die zwischen Wissenschaftlern und Laien die größte Verwirrung herrscht. Eine Theorie erfordert, dass bereits alles im Rahmen aller vorangegangenen Arbeiten geprüft wurde und die Prüfung ergab, dass alles passt bis auf wenige Knackpunkte; das sollten dann Knackpunkte sein, die durch vorangehende Arbeiten entweder gar nicht berücksichtigt waren oder die zu einem Widerspruch führten, der durch die neue Theorie gemildert oder gar gelöst würde. Die meisten Gedankengebäude, die Laien als 'bloß eine Theorie' abtun, sind keine Theorien, sondern bestenfalls Hypothesen, oft jedoch sogar nur Irrtümer oder Lügenkonstrukte. Eine Theorie ist das Ziel wissenschaftlicher Anstrengung. Sie ist das Ergebnis, auf das du hinarbeitest. Albert Einstein schob seinem ursprünglichen Artikel „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ gleich noch eine Ergänzung hinterher: „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“ In diesem Zusatz-Artikel steckt die Behauptung, dass die träge Masse eines Objekts gleich seinem Energieinhalt geteilt durchs Quadrat der Lichtgeschwindigkeit sei.

Ich bin nicht von selbst auf die Idee gekommen, Albert Einsteins Artikel im Kontext mit dem Fernseh-Quark zu lesen. Mein Antrieb dazu stammt von Derek Muller. Kennst du nicht? Derek Muller ist ein junger Mann, der mit außergewöhnlich lehrreicher Unterhaltung im Internet so sehr glänzt, dass er seinen Lebensunterhalt damit bestreiten kann. Ich hatte ihn dir vorgestellt unter seinem Nickname Veritasium. Er erklärt auch dir gerne, was ich vorher schon von ihm lernen durfte: [Why No One Has Measured The Speed Of Light](#). Dort zeigt er uns didaktisch bravourös und für Laien wie mich anschaulich, was das prinzipielle Problem ist, auf das Albert Einstein erstmals konzis in die-

sem alten Artikel hingewiesen hat. Einstein hat das Problem formuliert und zugleich die korrekte, konsistente Lösung vorgeschlagen. Jetzt können wir uns damit herumschlagen, nachzudenken, ob all diese prinzipiellen Probleme mit dem Messen der Lichtgeschwindigkeit auch für Neutrinos gelten, die wir vom CERN zum Gran Sasso schleudern.

Und freilich, ja! Denn es ist ja das prinzipielle und logische Problem, dass zur Synchronisation zweier Uhren ein informatives Signal transportiert werden muss. Dieses Signal braucht Zeit, wenn es nicht unendlich schnell ist. Kein Signal, das Information vermittelt, ist schneller als c . Du musst also c möglichst genau kennen, um die Laufzeit der Synchronisations-Kommunikation jeweils zu eliminieren. Aber um c zu messen, brauchst du synchronisierte Uhren. Das Dilemma hat Einstein erkannt und pragmatisch vorgeschlagen, eine Konvention darüber zu treffen. Wir dürfen naturgemäß auf den Ansatz vertrauen, der sich seit über hundert Jahren bewährt hat: Gleichzeitigkeit ist eine Definition, also eine Konvention, eine Übereinkunft; wir beschließen, dass wir so tun, als ob. Damit hat eine gänzlich neue Ungeheuerlichkeit in der Physik begonnen: Albert Einstein hat durch konsequentes Nachdenken herausgefunden, dass unsere Vorstellungen von Raum und Zeit nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen, weil die Intuition, dass Gleichzeitigkeit messbar sei, falsch ist. Sie gilt nur in unmittelbarer Umgebung der Uhr oder für den Mittelwert von c auf einem Hin und Zurück. Wir vereinbaren, so zu tun, als gelte der Wert von c gleichmäßig in allen Richtungen.

Was haben dann die Physiker von CERN und Gran Sasso gemacht? Sie haben eine Geschwindigkeit gemessen unter der stillschweigenden Annahme, dass die Einsteinsche Synchronisations-Konvention gilt. Die Aussage, die Physiker hätten die Uhren synchronisiert, trägt in sich all diese erstaunlichen Tatsachen, die in Veritasiums Video wundervoll und wundersam illustriert dargelegt sind. Inwiefern wäre denn das Weltbild der modernen Physik ins Wanken geraten, wenn ... wenn was denn eigentlich? Was ist die Lehre dieser 'Berichterstattung' im Fernseh-Quark?

Was kann ein Laie wie ich mit dem Quark-Beitrag anfangen? Mache die Dinge so einfach wie möglich. Aber nicht einfacher! Wenn jemand Teilchen misst, die schneller fliegen, als Licht im leeren Raum nach der Einsteinschen Synchronisations-Konvention fliegt, dann schicke eine Physikerin vor die

Kamera, um es zu verkünden. Weil Frauen in diesem Beruf traditionell einem höheren Druck ausgesetzt sind, Spektakuläres zu leisten und unter ihnen daher eine größere Menge von Kollegen zu finden ist, die bereit sind, ein großes Risiko einzugehen. Wenn es ein Volltreffer wird, schieben wir die Frau einfach in die zweite Reihe zurück und wenn es schief gegangen sein wird, wessen wir uns irgendwie intuitiv sicher sind, ist nicht viel kaputt? Ist das die Lehre aus dem mutigen Beitrag aus Quarks & Co?



Quarks ✓

555.000 Abonnenten

Eine Sendung aus dem Quarks-Archiv (TV-Erstaussstrahlung 2012).

Wie ist unsere Welt beschaffen? Was ist das Zentrum unserer Galaxie? Für viele große Rätsel der Physik gibt es heute plausible Erklärungen. Doch wenn man sich mit der Physik etwas genauer befasst, merkt man: Das Universum hat noch viele ungelöste Rätsel zu bieten.

Redakteur: Lorenz S. Beckhardt

Autoren: Heinz Greuling, Ulf Kneiding, Uli Grünewald und Michael Ringelsiep

Der Beitrag wurde von der ARD am [5. Februar 2012](#) ausgestrahlt. Das war schon sehr aktuell, denn die Veröffentlichung der Messungen erfolgte nach langer Suche des systematischen Fehlers vom OPERA-Team selbst erst am 23. September 2011. Die ARD hatte diesen Beitragsteil so angekündigt:

„In einem aufsehenerregenden Experiment haben Wissenschaftler im Forschungszentrum CERN bewiesen, dass ultraleichte Teilchen, so genannte Neutrinos, schneller unterwegs sind als Licht. Damit wird Einsteins Relativitätstheorie und seine Aussage, dass Lichtgeschwindigkeit die größtmögliche Geschwindigkeit im Universum ist, in Frage gestellt. Kann das sein? Quarks & Co ist dem Rätsel auf der Spur.“

Am [15. März 2012](#) publizierte das OPERA-Team zwei positive Ergebnisse der auch noch nach der Veröffentlichung ihrer Ergebnisse andauernden Fehlersuche. Der größere Fehler kam durch einen unsachgemäß angeschlossenen Lichtleiter zustande, der das GPS-Signal transportierte, mit dessen Hilfe die Uhr des CERN mit der Uhr im Labor Gran Sasso synchronisiert wurde. Dadurch war das Synchronisationssignal zwischen den beiden Uhren gegenüber der Erwartung verzögert, so dass für die Laufzeit des Lichts ein zu großer Wert ermittelt wurde, an dem gemessen die Neutrinos erschienen, als wären sie schneller geflogen als das Licht.

Zum Glück ist [Edda Gschwendtner](#) nicht an der Blamage gestorben, dass sie als Verkünderin der Widerlegung Einsteins sogar den Weg ins Fernsehprogramm gefunden hatte. Auch ihre Karriere wurde nicht nachhaltig zerrieben durch die Panne, einen Messfehler irrtümlich als sensationellen Fortschritt der Grundlagenforschung verkauft zu haben. Schon drei Jahre nach der Aufklärung des Missgeschicks hielt sie als Projektleiterin einen TED-Vortrag über die weltbewegende Bedeutung, Beschleuniger mit höheren Energien zu bauen, als sie der LHC bereitstellen kann. Die Projektleitung für [AWAKE](#) hat sie seit 8 Jahren inne. Vergleiche ihre Argumente mit **[R]**

[f] *Petter Johansson: Do you really know why you do what you do?*

Ich sehe in dem hier von mir auf mehreren Seiten ausgewalzten Vorgang eine höchst spannende Inkarnation der Entdeckungen von Petter Johansson auf einem Gelände, wo es niemand vermutet. Eine der teuersten, renommiertesten und wichtigsten Einrichtungen für Grundlagenforschung, an der nur elitäre Spitzenforscher vom Kaliber eines Harald Fritzsch – halt neue Generation und halt experimentell orientiert – aus der ganzen Welt irrwitzig aufregende Versuche durchziehen, bei denen mit Detektoren von der Größe eines Mehrfamilienhauses nach dem rosafarbenen Edelweiß irgendwo im Himalaya gefahndet wird, hat der Welt erzählt, sie hätten dort Neutrinos erschaffen, die in der Erdkruste schneller fliegen als der Sonnenstrahl im All auf dem Weg zur Solarzelle deines Schwimmteichs ... aber da wussten dieselben Leute bereits, dass die Neutrinos aus dem All, die wir bisher gesehen haben, dem Licht nicht ganz hinterherkommen ... also, da war schon eine gehörige Portion Wunsch Mutter der Gedankin, oder etwa nicht? Bloß: welche Hypothese hat uns Edda vorgeschlagen? Alles, was wir als Laien vorgesetzt kriegten, war, dass Einstein endlich widerlegt sei. Wenn nicht doch noch ein systematischer Fehler gefunden würde. Hä? Albert Einstein wird gerne von ähnlich destruktivem Vorkoster-Journalismus unterstellt, er habe Isaac Newton widerlegt. Das ist Quark. Einsteins Theorie der Schwerkraft (das ist der große Bruder der speziellen Relativität, nämlich die allgemeine) hat Newtons Theorie der Mechanik eingebettet, ja, ich gehe so weit und sage, er hat sie bestätigt. Lediglich zum Geltungsbereich der Newtonschen Gesetze hat Einsteins Relativitätstheorie fließende Grenzen angegeben. Und darüber hinaus hat er gesagt, in welcher Formulierung diese Gesetze umzuschreiben sind, damit sie auch jenseits dieser Grenzen gelten. Mit der Photonenhypothese hat Einstein sogar die Newtonschen Vorstellungen zum Licht sehr zum Ärger Max

Plancks wiederbelebt; Newton glaubte, Licht habe korpuskularen Charakter. Das wurde Newton massiv angekreidet. Dann kam, sehr viel später, James Clerk Maxwell und triumphierte mit einer der schönsten Theorien aller Zeiten, die Licht geschlossen aus der klassischen Elektrodynamik erklärte: voilà! Es funktionierte überirdisch gut. Bis auf die Winzigkeit des Photoeffekts. Hat Einstein dann also wenigstens Maxwell widerlegt? Nein! Er hat dessen Theorie über Elektrizität und Magnetismus eingebettet in ein Gefüge aus Planckscher Strahlungsformel, Boltzmannscher Thermodynamik und die Modellvorstellung inelastischer Stöße der Newtonschen Mechanik.

Albert Einstein war ein begnadeter Umarmer wertvoller Gedanken. Er hat Theorien modifiziert, nicht abgeschossen. Er suchte nach den winzigen Details, die unerklärlich blieben im Rahmen der hervorragend leistungsfähigen Theorien und hat mit bemerkenswerter Sanftheit den Horizont jeweils über deren Tellerränder hinaus erweitert. Einstein hat Physik geliebt, deshalb wohl hat er alles getan, sie zu kriegen. Er wusste, dass er sonst lieben muss, was er kriegt. Deshalb ist es so schwierig, Fehler in seinem Werk zu finden. Er brauchte sich nie im Nachhinein auszudenken, wie er seine Urteile begründen könnte. Er brauchte nichts darzustellen. Denn er hat hergestellt, was die Schönheiten seiner Erbschaften jeweils umschließend zum Glitzern brachte, wo sie vor ihm matte Stellen hatten.

Der entscheidende Fehler im Versuchsaufbau am CERN gleicht dem Illusionisten-Trick des Petter Johansson, wenn er das vom Probanden gewählte Foto gegen das vom Probanden verworfene Foto tauscht. Edda ist der Proband. Sie will einen Aspekt der Theorie Einsteins bestätigen. Der Kommentar aus dem Off im Quark-Clip: „Es besteht nicht der geringste Zweifel, dass Einstein nicht Recht gehabt haben könnte.“ [[sic!](#) Ist das ein Freudscher Versprecher gewesen? Waren die Forscher sich vollkommen sicher, dass Einstein geirrt haben könnte – wie der Fernsehsprecher sagt, wenn man seine verquere, negative Logik zur positiven Form vereinfacht? Wer von den paralysierten Wissensdurstigen nimmt so was noch wahr?]

Das Experiment sagt: anders herum! Und Edda verkündet es. Gibt es noch einen Aspekt, denn ich nicht sehe? Sie hat keine Hypothese, wie sie auch nur im Ansatz erklären könnte, welche Konsequenzen es für die Physik hat.

Was macht der TV-Journalismus im Team mit den Zeitungen daraus? „Die Sensation ist perfekt! Hat Einstein doch nicht Recht? Sein Prinzip ist der Eckstein der Relativitätstheorie. Nimmt man ihn weg, bricht alles zusammen.“ Das kann jemand zwar so ausdrücken, aber es liefert ein schiefes Bild. Was bricht denn zusammen, wenn wir etwas finden, das schneller ist als Licht im Vakuum? Wir wissen schon lange, dass es Phänomene gibt, die sich schneller ausbreiten als Licht.

In Kernreaktoren, deren Brennstäbe in einem Wasserbad radioaktive Strahlung abgeben, gelangen Elektronen (β -Strahlung und von γ -Strahlung erregte Hüllenelektronen) mit nahezu Vakuumlichtgeschwindigkeit ins Wasser. Sie regen ein charakteristisches, blaues Leuchten der Wassermoleküle an, das als optisches Analogon des akustischen Überschall-Knalls gedeutet wird. Dieses Licht heißt Tscherenkow-Strahlung. Optisch analog zum Überschall ist daran, dass sich die Elektronen mit Überlichtgeschwindigkeit bewegen. Im Wasser. Wasser hat für Licht einen Brechungsindex von 1,33. Der Effekt der Lichtbrechung kommt an Grenzflächen zustande, bei deren Durchquerung das Licht abrupt seine Ausbreitungsgeschwindigkeit ändert. In Wasser ist Licht langsamer als in Luft und erst recht als in Vakuum. Der Brechungsindex ist das Verhältnis dieser Ausbreitungsgeschwindigkeiten: $c / v(\text{Wasser}) = 1,33$. Die Lichtgeschwindigkeit in Wasser $v(\text{Wasser})$ ist also: $c / 1,33$. Etwa 225000 km/s. Der immer wieder zitierte Satz, nichts sei schneller als das Licht, ist eine grobe Verkürzung; tatsächlich ist die relativistische Grenzgeschwindigkeit die *Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum* (wie es Albert Einstein ja in dem Ausschnitt seiner Theorie oben auch exakt benennt). In einem Medium, in dem sich Licht langsamer bewegt als mit c , ist es durchaus mit Einsteins Relativität verträglich, dass etwa Elektronen das Licht überholen, also schneller als Licht fliegen. Die vereinfachte Formel greift daher nicht, sie ist zu einfach, um den Gehalt des Prinzips korrekt wiederzugeben. Zweites Beispiel: Eine elektromagnetische, reine Sinuswelle (z.B. monochromatisches, kohärentes Licht) breitet sich mit der Phasengeschwindigkeit aus. Ein solcher 'Wellenzug' ist die ins Unendliche sich völlig gleichförmig, glatt wiederholende Aneinanderreihung ununterscheidbarer Wellenlängen. Ohne weitere Struktur neben dem Sinusverlauf kann sich ein solcher Wellenzug mit einer Phasengeschwindigkeit oberhalb von c ausbreiten. Im Einklang mit der Relativitätstheorie kann die Phasengeschwindigkeit größer als c sein, aber nur in Konstrukten, bei denen die Welle eben keinerlei Gruppierung in Pake-

te mit variablen Amplituden- oder Frequenzanteilen hat, also an allen Orten mit paarweisem Abstand eines ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge λ 'gleich' aussieht. Logisch einzusehen ist, dass in diesem Fall keinerlei Information übertragen werden kann. Damit zusammenhängend also auch keine Energie, denn es gibt eine entsprechende Beziehung zwischen Energie und Information. Das heißt: Wellen können sich schneller als c bewegen, wenn sie so beschaffen sind, dass sie prinzipiell keine Information übertragen. Sobald eine Welle dieser Art gestört wird, bildet sie die Struktur eines Wellenpakets aus. Ein Wellenpaket kann Information tragen. Aber Wellenpakete bewegen sich mit der Gruppengeschwindigkeit, die maximal c sein kann.

Diese Bemerkung zur Phasengeschwindigkeit erklärt einen Aspekt, der im TV-Quark von Edda Gschwendtner kurz angerissen wird: „Und deswegen war dann der nächste Schritt am CERN, eine sehr gute Idee, dass man halt sagt, jetzt schießen wir halt nicht *so* einen Strahl runter, sondern wir schießen einen Strahl runter, der extrem kurz ist.“ Nehmen wir das andere Extrem: ein Strahl, der permanent ohne jede Modulation geschossen werden würde, ließe keinerlei Messung zu. Denn zu welcher Zeit sollte die Uhr gestoppt werden? Wenn ein kontinuierlicher, gleichförmiger Strahl quasi-statisch zwischen CERN und Gran Sasso 'stünde', gäbe es an ihm keinerlei Struktur, die eine Uhr triggern könnte. Du kennst das Prinzip vom Meterstab: die Striche bei jedem Millimeter strukturieren den Stab zur Skala. Die Zahlen bei jedem Zentimeter kodieren jeweils Zehner-Pakete der Millimeter-Striche, um das Zählen zum Stabanfang entscheidend zu erleichtern. Die Geschwindigkeit von Schiffen wurde eins gemessen, indem man eine Schnur hinter dem Schiff ins Wasser hängen ließ. Beim relativ zum Wasser still stehenden Schiff hing das Seil senkrecht hinunter. Je schneller das Schiff fuhr, desto flacher wurde der Neigungswinkel des Seils, das von der Reibung des ins Wasser tauchenden Endes gespannt wurde. Um ein Maß für diese Neigung bequem und reproduzierbar ablesen zu können, knüpfte man Knoten in gewissen Abständen ins Seil. Die Anzahl der aus dem Wasser herausgekommenen Knoten ist direkt das Maß der Geschwindigkeit des Schiffs relativ zum Wasser. Umgekehrt funktioniert das auch, wenn du die Fließgeschwindigkeit eines Flusses von einer Brücke aus messen willst. All diesen Methoden liegt – neben den vielen Unterschieden – doch dasselbe Prinzip zugrunde: die Skala zum Messen von Information entspricht stets einer unterscheidbaren Struktur. Ist diese Struktur 'breit', dann hast du eine schlechtere Auflösung als bei einer dünnen.

Leider erklärt Edda nicht, weshalb die Steigerung des Auflösungsvermögens der Strahl-Gruppierung eine gute Idee war, um den vermuteten Messfehler einzugrenzen. Ad hoc scheint es ja eher so, als könnte mit einem längeren Paket („in Paketen, Zehntausende Nanosekunden breit“) höchstens ein Fehler resultieren, der die Laufzeit länger aussehen lässt, als sie war. Denn am CERN wird man die 'exakte' Startzeit sehr genau kennen, da dort der Mechanismus sitzt, der die Pakete schnürt. Das Problem kann also nur im Gran Sasso Labor entstehen, wenn der Detektor nicht auf den Beginn eines Pakets reagiert, sondern erst später. Diesen möglichen Fehler könnte man kleiner machen durch kürzere Pakete. Denn dann kann der Detektor, wenn er die Spitze des Pakets verpasst hat, nur durch einen Mittelteil des Pakets anschlagen, der extrem nahe an der Spitze sitzt, weil kurzer Puls heißt, dass kurz hinter der Spitze schon wieder Ende ist, also nichts mehr, das den Detektor erregen könnte. Leider verstehe ich als Laie also gerade diesen spannenden Teil nicht. Was hatten sie sich davon versprochen, bzw. welchen systematischen Fehler wollten sie damit ausschließen, der zu einer zu kurz ermittelten Laufzeit der Neutrinos geführt haben konnte?

Schade, da wäre was zu lernen gewesen für mich. Vertan. Soll ich spekulieren? Nach der Lorentzkontraktion verkürzt sich die Länge eines bewegten Körpers aus der Sicht des relativ dazu ruhenden Beobachters in Richtung der Flugbahn. Würden die OPERA-Leute in dieser Richtung gedacht haben, dann wäre die Maßnahme zumindest nicht völlig geistlos. Ein Paket mit großer Ruhelänge ... äh – die Neutrino-Pakete sind am CERN schon lichtschnell ..., nein, ich gebe hier mal auf, mir zu überlegen, wie eine große Pulsbreite der Pakete zu einer systematisch zu kurz gemessenen Flugzeit hätte führen sollen. Es erscheint mir unsinnig und fruchtlos. Schade. Mist.

Immerhin: dieser Versuch hat keine wesentlich anderen Ergebnisse hervorgebracht als das Sensationsergebnis. „Was herauskommt kann nicht sein. Immer sind die Neutrinos schneller als Licht. Um exakt zu sein: 53 ns.“ Das ist jetzt der Augenblick, in dem der Proband das falsche Foto ausgehändigt kriegt. „Der Schock sitzt tief. Man vereinbart Stillschweigen.“ Hier weicht das Experiment von OPERA vom Experiment Petter Johanssons ab. Petter fragte den Probanden an dieser Stelle jeweils: „Warum diese/dieser?“ Hier fragt der geschockte Forscher sich selbst: „Welcher Fehler kann das unerwartete Ergebnis erklären?“ Physiker werden beim Test von Petter Johansson kaum anders ab-

schneiden als 'Normale'. Aber bei der Laborarbeit verhalten sich die gleichen Gehirnstrukturen anders. Diesen Unterschied finde ich aufregend. OPERA hat sich selbst ein Messergebnis so täuschend echt vorgegaukelt, dass der Schock tief saß. Zugleich lächelt Edda an dieser Stelle verschmitzt in bescheidener Siegerpose: „Die Reaktion war natürlich aufregend.“ Da wusste sie noch nicht, dass der Lichtleiter für das GPS-Signal am OPERA-Detektor, der im Labor Gran Sasso die Neutrinos empfing, falsch verschraubt war und damit ... ja, was hat dieser Fehler für einen Einfluss? Das Signal zur Ortung des Detektors wird durch mangelhaften Anschluss des Lichtleiters verzögert. Das gaukelt dem GPS vor, die Laufzeit des Signals zwischen Satellit und Gran Sasso sei länger als sie es tatsächlich ist. Längere Laufzeit führt in der Berechnung der Streckenlänge für den Neutrino-Flug zu einem fälschlich größeren Wert. Dieser Wert der Streckenlänge ist die Basis zur Berechnung der hypothetischen Laufzeit von Licht im Vakuum über genau diese Streckenlänge. Das heißt: Die Neutrinos haben alles richtig gemacht und OPERA hat auch prinzipiell alles an den Neutrinos richtig gemessen, oder? So würde ich das Problem verstehen; leider wird es so aber nicht [berichtet](#):

„Insbesondere war der Lichtleiter nicht richtig verschraubt, der das externe GPS-Signal zu der in OPERA eingebauten Uhr transportiert. Das Zeitsignal wird deshalb verzögert und so eine kürzere Neutrinolaufzeit auf dem Weg zwischen CERN und Gran Sasso vorgetäuscht.“

Diese Erklärung klingt, als würde der Satellit die Uhren zwischen CERN und Gran Sasso während des Experiments jeweils pro Neutrino-Paket aktiv synchronisieren. Wie kriegen sie bei diesem Vorgehen die Fehler weg, die durch den Brechungsindex der Atmosphäre entstehen? Und wie kriegen sie die unterschiedlichen Kathetenlängen zwischen Satellit und den beiden GPS-Empfängern weg? Okay, das sind Randbedingungen, die sie durch entsprechend aufwändige Kalibrierungen im Vorfeld kompensieren können. Wenn der Satellit den Takt angibt, in dem die Pakete vom CERN aus starten und wenn er gleichzeitig mit diesem Paket-Start-Trigger auch einen Trigger zum Starten der Uhr des Detektors im Labor Gran Sasso sendet, dann funktioniert das prinzipiell; denn eine Verzögerung des Synchronisations-Signals zum Detektor ließe dessen Uhr zu spät starten und die Neutrinos hätten dann schon einen Vorsprung herausgelaufen, bevor die Zeitnahme eingeschaltet wäre. Nur so kann ich mir den Satz als sinngesamt vorstellen:

„kürzere Laufzeit vorgetäuscht.“ Worum es mir mit all diesen Gedanken geht? Vergleiche die Essenz der Informationen aus Albert Einsteins Original-Arbeit und die Essenz der Informationen aus den hier verlinkten, modernen Quellen zum OPERA-Experiment. Bei Einstein weißt du genau, woran du bist. Er schreibt kurz, einfach und doch manches überraschend genau, wo du zuerst denken könntest: Mann, ist doch klar, mach mal hinne! Aber wenn du nachdenkst, dann sitzt jeder Wort und es ist keins zu viel. Mach es so einfach wie möglich. Aber nicht einfacher!

Erst jetzt glaube ich, halbwegs begriffen zu haben, was bei OPERA ungefähr gemacht wurde und was schiefgegangen ist. Aber sicher bin ich mir nicht.

Die modernen Texte und Multimedia-Spektakel vermitteln uns den Eindruck, wir könnten verstehen, was sie uns erklären. Aber tatsächlich lassen sie sehr viele Details weg, ohne die ihre Argumentation unklar ist oder gar falsch wird. Es geht nicht um den Sachverhalt, sondern um die Wirkung in der Psyche: die Illusion, irgendwie elitär dazuzugehören zum Kreise der optimal Informierten. Daraus ergibt sich nun der essenzielle Rückbezug auf das Forschungsergebnis von Petter Johansson: wir sind nämlich als Rezipienten der Aufklärungs-Medien die gelinkten Testpersonen. Wir schauen uns Quarks & Co an, um etwas über die Physik und unsere Forscher zu lernen. Damit haben wir unsere Wahl getroffen. Wir wählen Bildung und Aufklärung statt billiger Unterhaltung. Aber dann jubelt uns das Fernsehen reine Unterhaltung unter, von der wir nichts lernen. Sie schaffen es aber, uns die Illusion einzutrichern, wir hätten was Tolles verstanden. Und wir reagieren wie die 80% der Testpersonen von Petter: wir reden uns schön, was wir gekriegt haben. Wir kleben auf die schlampigen Physik-Zirkusnummern den Aufkleber, den wir für echte Bildung vorbereitet hatten. Und es passiert genau das mit uns, wovor uns Einstein gewarnt hatte: „Versuche zu kriegen, was du liebst. Sonst musst du lieben, was du kriegst.“

An dieser Stelle ist jetzt auch die These von Barry Schwartz zu prüfen: welche Wahl habe ich, meine Neugier für die Gesetze der Natur zu befriedigen? Würde es mir genügen, ausschließlich Harald Lesch, Quarks & Co etc. angeboten zu kriegen oder bin ich nicht sehr froh, dass ich die Kanäle wählen kann, die ich hier vorstelle?

Das führt in dieser Fragestellung freilich in die Irre. Denn es gibt tatsächlich so etwas wie einen 'natürlichen' Weg. Die Formulierung ist unglücklich, weil es nichts Unnatürliches gibt. Daher die Anführungsstriche. Forscher sind Leute, die ihre Neugier befriedigen wollen, indem sie Sachverhalte und Dinge untersuchen, bis sie kurzzeitig das Gefühl genießen können, dem Gegenstand geistig Herr geworden zu sein. Es gab zu allen Epochen immer auch Leute, die eine Laufbahn als Forscher einschlugen, ohne Forscher zu sein. Was sich in den Epochen jeweils ändert, das ist die Verteilung. Derzeit gibt es unter den Wissenschaftlern, die an Naturgesetzen nagen, relativ (!) viele, die aus Gründen des Prestiges oder aus Abneigung gegen Werkätigkeit die naturwissenschaftliche Ausbildung an einer Universität wählen. Das kommt schlicht daher, dass „Naturwissenschaftler“ mit einem Ruf glänzt, der durch die grandiosen Forscher der letzten zwei Jahrhunderte aberwitzigen Glanz aufgelegt hat. Im Mittel produzieren daher Wissenschaftler heute relativ (!) bezogen auf den Gesamtausstoß mehr Mist als gestern. Aber das weiß niemand so genau, es erscheint halt so. Wenn du dir anschaust, was zwischen Ludwig Boltzmanns Ruf an die Universität Graz und Rosalind Franklins fotografischen Röntgenbeugungsmustern der DNA in den Naturwissenschaften alles entdeckt wurde, wird dir schwindlig. Edda Gschwendtner behauptet in ihrem TED Vortrag, die weit überwiegende Zahl an wissenschaftlichen Erkenntnissen sei aus neuen Apparaturen geflossen und nicht aus der geistigen Einlassung grübelnder Theoretiker. Wir können als Empfänger dieser Tatsachenbehauptung zunächst nur glauben, dass sie es korrekt recherchiert hat. Oder wir können skeptisch hinterfragen, ob das stimmt. Wie können wir das aber tun, ohne über die Datenflut zu verfügen, die ihr als Projektleiterin eines großen Forschungsprogramms zugänglich ist?

Analysieren wir Beispiele von Entdeckungen logisch. Wie wurde die DNA entschlüsselt? Auf der Grundlage von Röntgenbeugungsmustern. Ohne den Röntgenapparat als Instrument wäre diese Entdeckung nicht möglich gewesen. Punkt für Edda? Röntgen fand das Prinzip für die Röhre, die X-Strahlen aussendet, beim 'neugierigen Spielen' mit Kathodenstrahlen. Kathodenstrahlen wurden von Physikern erzeugt, als sie alle nur denkbaren Experimente mit Elektrizität unternahmen, um die Hypothese Michael Faradays zu prüfen, wonach elektrischer Strom aus gleichgerichteten Teilchen bestünde, die elektrische Ladung gleicher Polarität trügen. Angeregt durch dieses geistig entwickelte, hypothetische Modell ersannen viele verschiedene Forscher An-

ordnungen unterschiedlichster Art, die einen Stromfluss möglichst in den 'freien Raum' hinaus lenken sollten, wo er, der Stromfluss, dann mit unterschiedlichen Testmethoden analysiert werden sollte. Um hinter das Geheimnis der Hypothese zu kommen, gelang es einigen Forschern, Stromfluss außerhalb von metallischen Leitern in Gasen nachzuweisen, allerdings nur im Schutz eines Glaskolbens, der ein Gas niedrigen Drucks enthielt. So entwickelten sie Vorläufer der Elektronenröhren, ohne schon zu wissen, was Elektronen seien. Die ersten Versuche wurden mit den größtmöglichen Spannungen zwischen zwei ins stark verdünnte Gas getauchten, metallischen Leiter-Enden verwirklicht. Das Gas fing in der Hittorfröhre dabei an, farbig zu leuchten. Diese Experimente verwendeten vor allem zwei vorausgehende Entwicklungen: eine Vakuumpumpe und eine Hochspannungsquelle. Eine verbesserte Gasentladungsröhre setzte Elektronen durch Heizen einer Glühwendel frei. Mit dieser Beobachtung wurde Thomas Alpha Edison berühmt und für ihre theoretische Erklärung gewährte man Owen Willans Richardson den Nobelpreis. Parallel zu diesen Forschungen entwickelten andere Wissenschaftler die Gasentladungsröhren weiter in Richtung auf die Grundlagenfrage nach der Natur des elektrischen Stroms. In einer bestmöglich evakuierte Röhre lässt, wie William Crookes fand, die Hochspannung einen materiellen Strahl von der Kathode zur Anode fliegen, denn der Strahl übt beim Auftreffen einen Druck aus und erwärmt das getroffene Material. Die Strahlung wurde nach dem Charakteristikum genannt, dass sie von der Kathode ausging: Kathodenstrahlen. Weiteres Tüfteln führte zur Entwicklung eines 'Fensters' in der Röhre, durch das es dem Kathodenstrahl möglich wurde, den Glaskolben zu verlassen. Mit derartigen, neuen Apparaturen 'spielten' wieder viele Forscher, unter denen Philipp Lenard das größte Geschick bewies, Fenster herzustellen, die einerseits das Vakuum in der Röhre aufrecht erhalten konnten und andererseits besonders durchlässig für die Kathodenstrahlen waren. Für seine Ergebnisse der Untersuchung der so befreiten Kathodenstrahlen erhielt Lenard den Nobelpreis. Aber noch vorher bat ihn ein Kollege aus Würzburg, ihm eines dieser berühmten Lenard-Fenster zu überlassen, damit er sich mit den Kathodenstrahlen vertraut machen könne. Lenard sandte also aus Bonn das gewünschte Utensil an Conrad Röntgen, der damit zufällig die neuen Strahlen entdeckte. Sie waren nicht neu. Aber wir denken, wenn wir etwas finden, es sei neu. Neu war nur die Wahrnehmung davon. Es gab sie schon vorher. Seit dem Urknall etwa. Aber da gab es uns noch nicht.

Wurde nun also die chemisch-räumliche Struktur der DNA wegen der neuartigen Apparate entschlüsselt oder durch geistige Theorie-Arbeit?

Wenn du mitgedacht hast, wirst du merken, dass das völlig unentscheidbar ist. Die Aussage von Edda Gschwendtner entbehrt der notwendigen Grundlage, in ihrer Komplexität erfasst werden zu können. Niemand kann alle notwendigen Bestandteile, die jedes für sich isoliert betrachtet relativ simpel sind, in einem schlüssigen und endlichen Entscheidungsprozess so sortieren, dass eine Bilanz gezogen werden könnte, die sagt, welcher Anteil an der Entdeckung schwerer wog: die theoretischen, geistigen Konzepte oder die materiellen Hilfsmittel und Werkzeuge. Über die schier gegen unendlich gehenden Verknüpfungen aller relevanter Aspekte der Entdeckung schmiegt sich außerdem auch noch eine neue, relevante Qualität des Gesamt ereignisses, die keinem der Einzelereignisse innewohnt: das Bezügliche an sich. Dieses Bezügliche ist das Paradoxon hinter der Frage, ob das Ei oder das Huhn zuerst da gewesen sei. Zu dieser Frage gibt es zahllose mehr oder weniger witzige oder kabarettistische Grübeleien, aber kein Naturwissenschaftler wird lange brauchen, um herauszufinden, dass diese Frage philosophischen Charakter in sich trägt. Philosophie ist die Vorhut der Physik. Solange im Schatz der aufgeklärten Kenntnisse zu einem Themenbereich noch keine gesicherten Daten zur Emergenz des untersuchten Systems existieren, reiben sich Philosophen an den Fragestellungen. Es ist oft genug die Philosophie gewesen, die entscheidende Fragen formulierte. Fragen nämlich, die der unmittelbaren Beantwortung widerborstig Stacheln entgegen hielten. Das sind die spannenden Fragen, denen sich über kurz oder lang die Biologen, dann die Chemiker und schließlich die Physiker widmen. Beispiele sind: Woraus besteht die Welt? Was macht glücklich? Was ist Leben?

Das Beispiel mit der Entschlüsselung der räumlichen Struktur der DNA beginnt eben nicht mit der letztendlich zum Ziel führenden Röntgenstrukturanalyse, für die der moderne Röntgenapparat notwendige Voraussetzung gewesen ist. Die Frage steckt in jedem Schöpfungsmythos, den Altertumswissenschaftler bisher entdeckt haben. Da wurde von einem bereits existierenden Lebewesen unvorstellbaren Potenzials etwa einem Klumpen Lehm das Leben eingehaucht. Für Wissenschaftler ist diese Erklärung inakzeptabel. Denn wenn ich Leben brauche, um Leben aus toter Materie herzustellen, habe ich gar nichts erklärt. Wenn ich ein Huhn und einen Hahn voraussetze,

damit sie ein befruchtetes Ei herstellen, aus dem ein lebendiges Küken schlüpfen wird, darf ich als Wissenschaftler nicht behaupten, ich hätte das Geheimnis des Lebens entdeckt. Bestenfalls habe ich herausgefunden, dass Sex damit zu tun hat, wie aus existierendem Leben mehr Individuen gleichartigen Lebens entstehen. Als Menschen haben wir uns darauf geeinigt, dass kopulierendes Geflügel nicht die von uns angebeteten Schöpfer des Lebens sind. Unser Sprachgebrauch weicht in dieser Frage das konfligierende Paradoxon auf, indem er den Akt der Zeugung als *Weitergabe* des Lebens bezeichnet. Es bleibt das Wesentliche unverändert zu klären: woher haben die Eltern ihr Leben? Die sich auf diese Frage anschließende Rekursion geht im Geiste ad infinitum, außer du stellst einen „künstlichen“ Abbruch der unendlichen Reihe her: den Schöpfer. Harald Lesch thematisiert in seinem Vortrag [\[i\]](#) dieses Phänomen, indem er den unbewegten ersten Beweger aus dem Argument des Aristoteles in die Runde wirft. Ich zweifle an, dass dieses Beispiel Laien hilft, denen der Naturbegriff des Aristoteles nicht geläufig ist. Die Grundannahme dieses berühmten Philosophen der Antike ist nämlich eine Wurzel unserer bis heute währenden Verirrung, der Mensch sein gleichrangig außerhalb der Natur zu betrachten: er unterscheidet die Dinge der Welt in natürliche und künstliche; natürliche Dinge trügen, meint er, in sich selbst ein Entwicklungspotenzial, während Artefakte eben den zitierten Erstbeweger brauchen, so dass ihr Schöpfer, der Mensch, die Kunst hervorbringt als edle Konkurrenz zur trivialen Natur. Dass ich es am Rande der Polemik formuliere ist eine notwendige Provokation, weil ich mich unbehaglich fühle angesichts der darin schlummernden Hybris des Menschen, die uns mit dem All entzweit. Die Aufklärung hätte den Auftrag haben sollen, diese Diskrepanz zu reparieren. Dazu haben viele Forscher großartige Beiträge geleistet: Plattentektonik, Evolution, Technik. Aber die Hybris hat ebenso viele verleitet, die Kluft zu vergrößern: Gentechnik, Kunststoffe, Kernspaltung. „Der moderne Mensch stellt Dinge her, die es in der Natur nicht gibt.“ Diesen schwachsinnigen Satz hört man heute von erstklassigen Akademikern. Dabei sollte klar sein, dass das einzige Zeug, das Menschen bisher hergestellt haben, das es in einer Natur ohne Menschen nicht gäbe, Menschen sind. Denke darüber nach, denn es ist eine Variante des Henne-Ei-Problems ohne Paradoxon drin. Das Paradoxon ist nämlich durch etwas ersetzt in diesem Konstrukt, das Konjunktiv heißt. Paradoxa haben eine Affinität zu Zirkelschlüssen. Beispiel: Menschen gibt es, weil sie beim Ficken gemacht werden.

Die Experimente von Petter Johansson zur Wahlblindheit funktionieren nur, wenn der Wahlgegenstand eine gewisse Komplexität übersteigt. Dazu gibt es meines Wissens bisher noch keine quantifizierenden Untersuchungen. Das würde mich reizen: wenn wir die Komplexität der Wahlgegenstände schrittweise verringern, welchen Level finden wir zu jedem Testling, ab dem weitere Simplifizierung das Gelingen des Tests rapide vereitelt?

Die Aufgabe hat ihren Reiz wegen der versteckten Frage dahinter: wie misst du Komplexität? Kompliziertheit ist nicht dasselbe, aber sogar die Kompliziertheit eines Problems ist, soweit mir bekannt, nicht messbar. Intelligenz ist nicht messbar. Kreativität ist nicht messbar. Liebe ist nicht messbar. Da wir in der technisierten Welt Messfetischisten geworden sind, hat es sich eingebürgert, alles für messbar zu erklären, dem wir einen hohen Stellenwert beimessen. Wir messen bei, darauf läuft es dann auch meistens raus: IQ sei ein Maß für Intelligenz. Es mag im statistischen Mittel eine gewisse Korrelation geben zwischen dem IQ und etwas, das wir mit Intelligenz bezeichnen. Aber es gibt keine Regel, nach der du ein IQ-Messgerät herstellen kannst bloß auf der Grundlage der einfachen Definition von Intelligenz. Denn eine solche Definition gibt es, wenn überhaupt, dann nur als extrem grobe, außerdem subjektive Näherung. Wenn du definierst, Intelligenz sei die Fähigkeit, Probleme zu lösen, dann hast du sofort einen ganzen Haufen Probleme damit, zu definieren, was Lösen eines Problems sei und was überhaupt als Problem gelte. Jemand, der Probleme hat, Entscheidungen zu treffen, kann dressiert werden, es einfach zu tun. Ist damit seine Intelligenz gewachsen? Unser Fetisch des Messens verleitet uns dazu, zu fragen, ob Intelligenz angeboren oder erlernt sei. Ist Intelligenz genetisch oder durch Erziehung erworben? Die übliche Antwort lautet: teils, teils. Schon fragen wir nach dem Prozentsatz: fifty-fifty?

Arron Lomas ist überzeugt, 'sein' größtes Genie aller Zeiten in Leonardo da Vinci gefunden zu haben. Leider sei der IQ-Test zu spät erfunden worden. Aber es sei ohnehin strittig, welche Aussagekraft dem IQ zugestanden werden dürfe. Immerhin [z]. Trotzdem siechen derartige Aufzählungen, Rangfolgen, Vergleiche auf dem Niveau des Boulevard-Journalismus: Schrott. Hätte er sich genauer auf die Werke von Filippo Brunelleschi eingelassen, der für den Bau der Kuppel des Doms von Florenz mehrere bahnbrechende Erfindungen gemacht hat, die zum Teil bis heute nicht bis ins letzte Detail aufgeschlüsselt werden konnten, zum Teil aber bis in die modernste Technik hinein

durchgehende Anwendung gefunden haben, wäre ihm die Wahl schwerer gefallen. Was wissen wir über die Genies in Afrika, die Methoden erfanden, mit Muskelkraft Pyramiden gigantischer Größe aus riesigen Steinquadern zu errichten? Was wissen wir von den Genies, die in Latein-Amerika phantastische Zivilisationen durch ihre Kanalsysteme ermöglicht haben? Die Baumeister der Inka, die mit behauenen Natursteinen fugenlos gewaltige Bauwerke schufen und ein logistisches Wunderwerk mit ihrem Lama-Transport-System entwickelten? Was weiß Arron Lomas über die Physiker der Chinesen, die Observatorien bauten, mit deren Beobachtungsdaten sie die Schiefe der Ekliptik, sehr gute Kalender und den Verlauf der Breitengrade studieren bzw. berechnen konnten? Ja, Leonardo da Vinci verfügte über einen mächtig genialen Geist. Wir haben sehr viel von ihm hinterlassen bekommen. Mehr als von den anderen genannten. Was ist mit den Autoren der fünf Bücher Mose? Oder mit denen des Voynich-Manuskripts?

Diese naive Begeisterung hat in der Art, wie Arron Lomas sie in seinen Clips umsetzt, etwas charmant Unschuldiges. Als Quelle für Zusammenhänge ist sein Zeug weitgehend unbrauchbar, aber als Anregung, seine Themen ordentlich aufzuarbeiten, statt sie bloß von ihm in seiner Sicht vorgekaut zu konsumieren, sind seine unterhaltsam gestalteten Videos doppelt scharf. Du kriegst eine Vorstellung davon, was einen neugierigen, jungen Mann fesselt, der keine Gelegenheit hatte, wissenschaftliche Denkweisen zu üben und neben seiner eigenen, begeisterten Überzeugung auch alternative Sichtweisen in sein Gesamtbild zu integrieren. Dennoch findet er bisweilen zu einem Wechsel seiner Ansicht, indem er nach dem Abhaken eines Themas dieses noch einmal – und dann weiter umfassend – abarbeitet **[A, B]**. Respekt.

Es hilft aber halt kein Stück weiter auf der Suche nach witzigen Variationen der Experimente von Petter Johansson. Was kann auf den zwei Fotos zur Wahl gestellt werden, das ein bisschen weniger komplex ist als das menschliche Gesicht? Zuerst einmal: die beiden Wahlmöglichkeiten müssen sich stark ähnlich sein; wenn du einen Mann und eine Frau anbietest, klappt das nicht mit dem Vertauschen. Das merken die Testlinge. Jung und alt? Spielen wir das durch, wird schnell klar: die zwei Wahlmöglichkeiten müssen sich sogar sehr ähnlich sein. Sie dürfen sich aber nicht zum Verwechseln ähnlich sein, sonst bringt das Experiment keinerlei Erkenntnis hervor.

Daraus wird erkennbar, dass der Psychologe in seine Versuchsanordnung ein sehr schmalbandiges Filter eingebaut hat. Seine These ist also vermutlich gar nicht allgemein haltbar. Sie ist eingeschränkt auf die Filterbedingungen. Erstens: die zur Wahl stehenden Optionen sind dem Testling fremd. Wenn der Testling in seiner Erinnerung viele neuronale Verknüpfungen zu wenigstens einer Option hat, wird er sofort merken, wenn ihm die Wahl vertauscht wurde. Wenn ein Fremder gegen den langjährigen Tennispartner zur Wahl steht, weiß der Testling, was er gewählt hat. Der Versuch lebt davon, dass er es nicht weiß. Beide Optionen müssen fremd sein, etwa gleich alt, ungefähr gleich 'normal' aussehen, gleiches Geschlecht haben, und so weiter und so fort ... Essenz? Die Optionen müssen den Testling kalt lassen, grob gesagt. Andererseits sind Gesichter von Menschen für Menschen ganz allgemein Gegenstände sehr hohen Interesses. Ein Gesicht schnell zu erkennen ist eine gigantische Meisterleistung. Sie beginnt damit, das Objekt in gigantischer Geschwindigkeit überhaupt erst einmal als Gesicht aus dem Gesamtmuster im Gesichtsfeld heraus zu lösen. Wenn jemals ein Mensch verstanden hätte, wie es das Gehirn fertigbringt, mit seinen mageren hundert Gigabit Gesamtspeicher einschließlich einzigem CPU-Register, ohne Clock, weil sich jedes Bit seinen Synchronisationsgeber selbst machen muss ... nein, wir haben noch nicht einmal eine Ahnung davon, wie unsere Denkmaschine tickt ... verflucht, wie geht das? Das Herz haben wir ziemlich gut verstanden, aber die Neurologie ist aus dem Stadium des Staunens noch nicht herausgekommen. Ein zentrales Nervensystem operiert nicht algorithmisch, sondern assoziativ. Was auch immer das heißen mag, es entwickelt nichts. Nur der Gegenstand, um dessen Ergründung es geht, kann daran etwas entwickeln. Vermutlich liegt darin das Geheimnis: ein Gehirn bringt eine Tatsachenbehauptung hervor und drückt sie mit niedergeschriebener Sprache aus. Ein anderes Gehirn synthetisiert aus dem symbolischen Muster der normierten Anordnung deutlicher Kontraste von Hell und Dunkel denselben Satz und interpretiert ihn. Was wissen wir vom Gehirn? Es ist aufgebaut aus Nervenzellen, deren besondere Begabung darin liegt, eine elektrische Polarisierung aufzubauen und zu halten, bis ein Reiz ihnen erlaubt, sich schlagartig zu entladen. Was ist ein Reiz? Ein Reiz ist die Stimulierung einer Entladung durch ein Wirken. Das Wirken kann Druck sein, Hitze, Licht, Schall oder ein Duft. Es kann auch eine Potenzialänderung sein, hervorgerufen durch eine Entladung. Die meisten Reize sind durch genau dasjenige realisiert, was ein Reiz auslöst: Entladung eines Neurons.

In gewisser Weise agieren die Neuronen des Gehirns fast ausschließlich veranlasst durch Aktionspotentiale der Neuronen des Gehirns. Greifen Reize an Sensoren an, die für den jeweiligen Reiz spezifisch empfindlich sind, misst die betroffene Sinneszelle (Sensor, Rezeptor) den Reiz mit Hilfe der zugeschalteten Transducer. Ein entsprechendes neuronales Signal wird über die Nervenbahn zum Gehirn gesandt, wo es gegen eine vorgegebene Schwelle auf ein Binärmaß: sein oder nein diskriminiert wird. Für eine Auflösung der Reizstärke gibt es mehrere Lösungen im Gehirn; pro Raumelement können jeweils mehrere bis viele gleich aufgebaute aber weitgehend autonom wirkende Sensoren vorgehalten werden oder die Sensibilität der Sinneszelle wird über spezielle Rückkopplungsschleifen mit Enzymen (Katalysatoren, Beschleunigern) und Hemmstoffen (Inhibitoren, Dämpfern) geregelt. Übersteigt das transduzierte und als elektrisches Signal ins Gehirn übertragene Erregungsmuster zum physikalischen Reiz eine jeweils vorgegebene Schwelle, feuert wenigstens ein angeschlossenes Neuron in der Zentrale, was bedeutet: sie entlädt ihr Aktionspotenzial: sein!

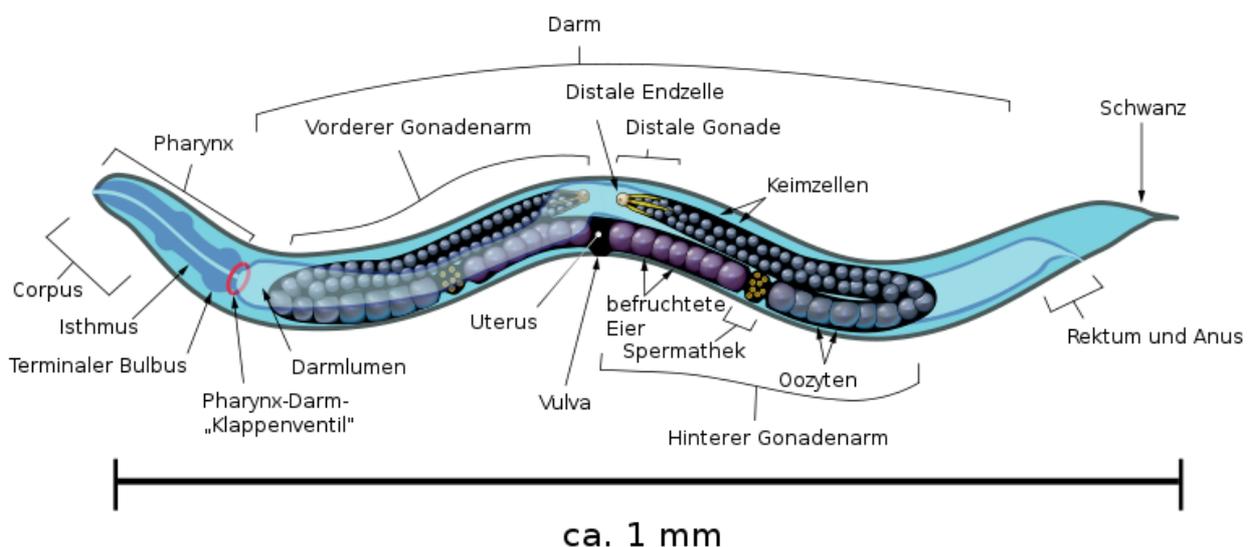
Die Vorgänge habe ich viel zu kurz und zu einfach dargestellt. Ich kenne mich nicht gut genug aus damit, um es besser hinzukriegen. Die elektrischen und chemischen Details sind wahnsinnig kompliziert. Ich will hier aber über Komplexität berichten und nicht über Kompliziertheit. Also. Was zuerst auffällt: Gedanken sind repräsentiert durch Aktionspotenziale der Neuronen. Um ein Neuron abzufeuern bedarf es eines Aktionspotenzials. Das erinnert dich an drei Sachen: Henne und Ei, unbewegter Bewegter, Apfelmännchen.

Der Organismus des Mehrzellers mit seinem neuronalen Netz hat den unbewegten Erstbeweger eingebaut: Rezeptor! Der erste Empfänger des physikalischen Reizes (warm, hell, laut, duftend, rau, ...) wandelt den Reiz in die Sprache des neuronalen Netzes: die Änderung des normierten, binären Membranpotenzials. Ein Neuron in Bereitschaft besitzt ein ziemlich genau definiertes, messbares Ruhepotenzial von minus siebzig Millivolt. Die Rezeptorzelle liefert als unbewegter Erstbeweger eine analoge Transmembranspannung, die mit der Größe des Reizes korreliert ist. Diese Größe wird vom Empfängerneuron im Gehirn zuerst mit der Auflösung von einem Bit digitalisiert (Schwellwert-Diskriminator). Ab hier gibt es als Gedanken nur noch Aktionspotenziale (sein oder nein). Einfach. Effektiv.

Woher soll ein Neuron wissen, woher das Aktionspotenzial stammt, das gerade versucht, es zu erregen? Eben, es weiß gar nichts, dieses einzelne Neuron. Es ist ein Träger für ein Bit an Information. Der ganze physiologische Aufwand rund um die differenzierten und höchst komplizierten Synapsen, Hormone, Enzyme, Inhibitoren, isolierenden Myelinschichten, Ionenpumpen, Membran-Spalten, Diffusionsmechanismen, Feldstärken all dieses im Detail extrem komplizierte Bio-Zeug, Chemie-Zeug und Physik-Zeug dient allem Anschein nach zu nichts Wichtigerem als zur Standardisierung eines zellulären Kommunikationsnetzes mit der trivialen Einheit: ein/aus. Ein Bit pro Zelle, aber 100 Gigabit davon im Netz.

Das ist eine veraltete Information aus der Zeit des letzten Jahrtausendwechsels. Damals veröffentlichten die Gehirnforscher gerne diese Zahl: das menschliche Gehirn besitzt so viele Gehirnzellen wie die Milchstraße Sterne hat: 100 Milliarden. Heute sagen uns die Astrophysiker, es gebe 300 Milliarden Sterne in der Milchstraße. Die Neurologen sagen uns, in unserem Gehirn befänden sich 10 Milliarden Neuronen. Wir wissen es nicht. Die wissen es nicht, woher sollen wir es dann wissen? Damals war es noch spannend, zu zählen, wie groß die mittlere Konnektivität im Hirn des Menschen sei. Das gab man so an: im Mittel ist jede Nervenzelle des ZNS mit rund 10 Tausend anderen Nervenzellen synaptisch verbunden. Den Begriff der Konnektivität findet man nur noch in älterer Literatur. Seit rund 15 Jahren etabliert sich das neue Fachgebiet der Neurologie: die Konnektomik. In der Konnektomik wird das Konnektom erforscht. Konnektom heißt man neuerdings die Gesamtheit aller Verbindungen im Nervensystem eines Lebewesens. Bisher hat die Gemeinde der Konnektomikerinnen und Konnektomiker bereits das Konnektom eines [Individuums](#) bestimmt. Das Mikro-Konnektom ist die Summe aller synaptischen Verbindungen im neuronalen Netz. Beim untersuchten Wurm zählten die Forscher 302 Nervenzellen mit 5000 Synapsen, 2000 Nerv-Muskel-Abschlüssen und 600 Membran-Membran-Geheimgängen. Wenn du dem Wurm zuschaust, wie er sich [schlängelnd fortbewegt](#), Bakterien aufspürt, die er frisst und wie er Seinesgleichen findet, um zu ficken, dann kannst du versuchen, dieses Tier in einem Computer zu simulieren, dessen Gesamtspeicher 40 Bytes hat. Viel Spaß. Vierzig Bytes genügen dir in einem C++ Programm nicht einmal, um den Constructor eines Boolean hinzuschreiben. Das ist also der Stand unserer Neurologie: es gibt genau ein Tier, dessen neuronalen Apparat wir bisher schon 'vollständig' analysiert haben und zu den bahnbre-

chenden Forschungsarbeiten über dieses Tier wurden im letzten Vierteljahrhundert drei Nobelpreise vergeben: 2002, 2006 und 2008. Da sind keine Nobelpreise für andere Fadenwürmer dabei. Also: wo stehen wir bei der Erforschung des menschlichen Gehirns mit seinen mehreren Milliarden (10? 100?) Neuronen und noch nicht annähernd sauber abzuschätzenden Konnektomen (Mikro-, Meso-, Makro-), wenn wir dem Zählen der Zellen und Verbindungen im wahrscheinlich simpelsten Neuronen-Netz des ganzen Tierreichs neuerdings mit der renommiertesten Trophäe huldigen? Ehrlich: ist das nicht wahnsinnig peinlich? Wir verstehen hinten und vorne nicht, wie es der Wurm schafft, mit 40 Bytes an gesamter Kapazität seines Steuerungssystems dieses Wunder an Eleganz, Effizienz und Effektivität her zu rechnen, das wir sehen. Zur Nahrung des Wurms gehören auch Kolibakterien. Einige Stämme der Kolibakterien haben evolutionär ein Gift entwickelt, das den Wurm töten kann. Der Wurm hat darauf reagiert, indem er bevorzugt in Jagdgemeinschaften mit vielen Individuen loszieht. Werden Würmer solcher Gemeinschaften krank, merken die Kollegen, dass der Nährboden vergiftet ist und suchen das Weite. Die 40 Bytes haben also den Minenhund erfunden. Aber nicht alle Individuen nutzen diese Erfindung, manche jagen alleine. Bei ihnen ist ein Rezeptor aktiv, der dem Wurm, wenn er das Gift frisst, Schmerzen verursacht. Also: kriegt ein Wurm von Coli Kolik, ist er frei, als Eremit zu leben, wenn er will. Merkt ein Wurm nicht, wenn er sich vergiftet, sucht er Freunde, die er als Vorkoster missbrauchen kann. Hier ein Bild aus Wikipedia von der Anatomie des Wurms, damit du ihn dir vorstellen kannst; er ist so dick wie eins deiner Kopfhare und fünfzehn Mal so lang wie dick:



Erstelle ein Programm, in dem einerseits eine variable Sensitivität der Nozizeptoren eingestellt werden kann und andererseits abhängig von dieser Sensitivität der Drang nach Geselligkeit beim Fressen optimiert wird, so dass der Vorteil, den Mangel an Sensitivität durch die Minenhunde deiner eigenen Art zu kompensieren, den Nachteil überwiegt, dass sie dir das meiste von deinem Essen wegfressen. Nebenbedingung: Rechenleistung und Gesamtspeicher werden aus der Kapazität zusammengebaut, die übrig bleibt, wenn du von den insgesamt 40 Bytes abziehst, was du für alles andere brauchst: Fressen, Schlängeln und Sex zum Beispiel. Wobei zum Sex, wie du der anatomischen Zeichnung entnehmen kannst, auch noch das Ritual gehört, auszuhandeln, wer von den beiden Teilnehmern jeweils das Sperma spendet und wer es kriegt, denn diese Varietät des Wurms hat beide Geschlechter in sich.

Ich will die Konnektomikerinnen und Konnektomiker nicht lächerlich machen. Im Gegenteil. Sie sind die aufgeklärten Forscher unter uns. Wenn sie ihre Neugier auf den winzigen, primitiven, ekligen Fadenwurm richten, dann gleicht das dem Schritt der ersten Chemiker, die sich von der Alchemie lösten. Die Alchemisten waren die hoch angesehenen Magier, Weisen und Gelehrten zwischen der Antike und der Aufklärung. Die bekanntesten Alchemisten husteten Prahlereien über ihre Fähigkeiten in die Welt, denen die Esoteriker noch heute huldvoll alle Ehre erweisen. Das waren Schwindler, Parasiten und Betrüger, denn nichts von allem, das aus ihren Überlieferungen je getestet wurde, funktionierte. Parallel dazu gab es die stillen Alchemisten, die systematisch und logisch Erfahrungsschätze aufbauten, wie Stoffe mit Stoffen reagieren. Das war wenig spektakulär und fand nur wenig Niederschlag in der Literatur, weil es die Parasiten so laut übertönten. Aber gerade diese stille Masse der neugierigen Alchemisten bereitete über rund fünfzehn Jahrhunderte hindurch mühsam den Boden für die Trennung von Quatsch und Nicht-Quatsch, von Alchemie und Chemie. Die Esoteriker nehmen für sich in Anspruch, das ganzheitliche Wissen und Verständnis dafür zu besitzen, weshalb ein Fadenwurm um so viel immens mehr kann, als es mit 40 Bytes erklärbar wäre. Aber keiner von ihnen kann es beantworten, wenn er gefragt wird. Keiner kann es nutzen, wie er dir verspricht, du könntest es, wenn du ihm nur sein Geheimnis abkaufst. Was da kommt ist nichts anderes als die Behauptung, aus Blei Gold machen zu können mit geheimen Ritualen. Aber du musst die Lügner füttern.

Eine Abschweifung sei das, denkst du? Mitnichten. Da wir die Aufklärung genossen haben, wissen wir alle, dass Zauberei nicht klappt. Das rückt die Esoterik genau in den Bereich, in dem die Filter des Experiments von Petter Johansson durchlässig sind. Wie? Wenn du einem Mann zwei Fotos von Frauen zeigst und sagst: wähle eine davon, dann läuft ein Prozess im Gehirn des Wählers ab. Rate mal! Versuche zu kriegen, was du liebst. Sonst musst du lieben, was du kriegst. Aber dein Verstand sagt dir freilich, dass du keine kriegen wirst. Es ist ja nur ein Test. Und du suchst ja auch gar nicht. Oder? Echt? Na ja, es ist jedenfalls nicht ernst. Du wählst. Aber es kratzt dich nicht. Du kennst ja keine von den beiden. Vielleicht ist die, die dir besser gefällt, nur besser fotografiert, aber strohdumm und motorisch unansehnlich ... was sagt denn schon ein Schnappschuss? Du kannst das nicht ernst nehmen. Trotzdem ist ein agiles Hirn immer im Modus der Erregbarkeit ... unbewusst. Jetzt schanzst dir das Schicksal eine Frau zu, die auf ihrem Foto nicht allzu verschieden aussieht wie die, die du leichtfertig auf Anweisung, zu wählen, ausgesucht hattest, in dem Bewusstsein, dass es um gar nichts geht, weil du keine Möglichkeit kriegen wirst, zu prüfen, ob deine Wahl zu dir passt. Dein Gehirn musste den Konflikt lösen, eine Wahl mit zu wenigen Fakten als Grundlage zu treffen, die keine Konsequenzen hat, aber die einen Bereich deines Lebens betrifft, der für dein Glück entscheidend ist. Wähle, was du liebst. Mit weniger als einem Minimum an Daten. So gesehen wandelt sich das Problem in dem Augenblick, in dem dir das Foto (egal, ob es das falsche oder das richtige ist) gegeben wird: jetzt hast du! Lieber der Spatz in der Hand als die Taube auf dem Dach? Schlimmer noch: das Schicksal fragt dich, warum du liebst, was du nahmst. Wähltest? Oder nahmst? Egal. Du arrangierst dich augenblicklich mit der Situation, dass du ohnehin zwischen den gleichermaßen schlecht definierten Optionen nicht ernsthaft unterscheiden konntest. Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten: bei deiner Wahl könnte dich die gewählte Option aus unerfindlichen Gründen tatsächlich stark angesprochen haben. Dann merkst du den 'Irrtum' und sagst: falsch, ich meinte die andere. Oder du merkst es nicht einmal, weil es dir ohnehin egal war; die Optionen waren dir gleichwertig undefiniert und ähnlich reizlos. Aber du bist flexibel. Wenn dir das Schicksal eine Begegnung schenkt, willst du kein Narr sein. Du willst das Glück, aus dem dein Weg zum Glück hin gepflastert ist, nicht mit Füßen treten. Du arrangierst dich. Ich hätte das Spiel in zwei Varianten aufgezogen. Eine Runde: wähle. Eine Runde: verwerfe.

Ich zeige dir zwei Fotos. Wähle dasjenige, das die Person zeigt, die du von den beiden nachher nicht treffen willst. Ob sich das Verhalten ändert? Und auch die Kaskade ist spannend: acht Paare von Fotos, acht Wahlen. Es sind acht Personen gewählt und acht ausgeschieden. Die Gewählten werden gemischt und bilden vier Paare. Vier Wahlen. Dann zwei und schließlich eins. Finale Wahl. Alle Personen zu den Optionen warten im Nebenraum. Wer am Schluss übrig bleibt, verbringt mit dir den Rest des Tages – das ist Bestandteil des Tests. Zum Abschluss des Tests findet ein Interview statt, in dem du erklärst, ob sich deine Vorstellung beim Treffen der Wahl erfüllt hat oder nicht. Auch hier muss keine der Optionen als Mensch tatsächlich anwesend sein. Der Testling muss nur denken, es ginge wahrhaftig darum, den Menschen auszuwählen, mit dem der wertvolle Rest des Lebensstages möglichst schön, ergiebig, angenehm, spannend, anregend ... verlaufe. Mit dieser zusätzlichen Schikane kommt vielleicht ein anderes Verhältnis heraus, wie viele der gefälschten Wahlen zu einem Veto führen. Ich will die Beispiele zu denkbaren Modifikationen nicht weiter treiben. Es soll demonstrieren, wie eng das Fenster durch Petter Johansson voreingestellt wurde, damit sich sein Effekt maximal deutlich aus der Datenerhebung des Experiments emporhebt.

Das Fenster, das die Esoteriker setzen, ist ähnlich gebaut. Sie nutzen genau diesen Effekt. Aufklärung ist fast jedem von uns so wichtig wie fast jedem von uns der am meisten geliebte Mensch als Partner beim Sex, beim Reden, beim Tanzen und beim Genießen von Gaumenfreuden ist. Es kommt darauf an, das Potenzial der Wichtigkeit durch das konstruierte Fenster der Bedeutungslosigkeit zu schleusen. Das macht die Quantenphysik neuerdings zum Lieblingsthema der Esoteriker, deren Ausrichtung sich in den letzten fünfzig Jahren schmerzhaft von rot zu braun verschoben hat. Denn wie viele Menschen aus dem 'normalen' Volk können denn irgendeine triviale Aussage der Quantenphysik fundiert als wahr oder falsch erkennen? Quanten sind wie Gesichter. Jeder denkt, etwas darüber zu wissen, aber kaum jemand kennt sich damit auch nur oberflächlich aus. Glaubst du, ein Testling erkennt in den Fotografien Leute, die ihm im Leben schon einmal irgendwo über den Weg gelaufen sind? Wenn du eine Stunde spazieren gehst, begegnen dir ... wie viele Leute? Du kannst dich an keins der Gesichter erinnern. Außer du lebst in einer abgeschiedenen Provinz ohne Tourismus. Wir werden in den Medien von Quanten, Energie, Frequenz und Relativität so sehr zugeschüttet, dass wir es nicht mehr hören oder sehen wollen. Wir haben Quanten und

Gesichter satt. Egal. Gehen uns nichts an. Geht ja eh nichts. Dieselbe Art der Resignation: innen überzeugt, dass die Themen extrem wichtig sind, aber unseren Handlungsspielraum einbeziehend ist uns klar, dass wir das Potenzial nicht besitzen, einen Gewinn daraus zu 'realisieren'. Das Foto eines menschlichen Gesichts symbolisiert einen Quantenzustand der Essenz von Glück. Gesichter sind Quanten.

Komplexität hat offensichtlich eine tragende Rolle beim diskutierten Experiment. Aber die Komplexität wird weder hinterfragt, noch überhaupt zur Deutung herangezogen. Nimm statt der Gesichter als Optionen einfache Figuren der Geometrie: wähle das Dreieck oder die Strecke. Glaubst du, jemand, der das Dreieck wählt, wird sich nicht wundern, wenn er den Strich kriegt und gefragt wird, weshalb er ihn lieber mag? Jeder wird merken, dass eine Verwechslung vorliegt. Niemand, der das Dreieck wählte, wird erklären, weshalb er die Gerade lieber mag. Liegt das nur daran, dass die schlichten Figuren weniger komplex sind?

Ich denke – ja. Es gibt darin keine zu vermissenden Daten. Es gibt kein Geheimnis. Es gibt also auch keine Neugier. Nimm Farben: wähle blau oder rot. Nimm Tiere: wähle Bär oder Eidechse. Hier wird der Unterschied jeweils zu groß. Ist das nur eine andere Formulierung für mangelnde Komplexität?

Komplexität hat eine Verbindung mit Emergenz und mit Selbstähnlichkeit. Emergenz ist ein wesentlicher Faktor von Norm-Ziegeln und Lego. Es ist aber völlig unklar, ob Emergenz in unserem Universum eine wesentliche Grundlage bildet oder ob wir von Emergenz nur so fasziniert sind, weil wir sie in den Dingen finden, die wir wahrnehmen. Die vier Basen GATC, mit denen der Titel des Films GATTACA gebildet ist, stellen das Alphabet des genetischen Codes jedes Lebewesens, das wir bisher kennen gelernt haben. Die Struktur der Doppelhelix ist auch nicht gerade kompliziert. Der Physiker Erwin Schrödinger fragte in seinem Buch *Was ist Leben?* nach den aperiodischen Kristallen, die allen uns bekannten Lebewesen als Bausteine derer Organismen dienen. Als Antwort kam die Doppelhelix der DNA raus. Jede Spezies hat ihre ganz eigentümliche, unverwechselbare DNA. Wir kennen kein einziges Lebewesen, dessen Aufbau und Funktion nicht auf demselben Grundbaustein DNA basierte. Fadenwurm, Dinosaurier, Homo.

Das ist Komplexität. Das Standardmodell der Quarks und der Leptonen ist ein geradezu lächerlicher Baukasten für die daraus entstandene Vielfalt aller Materie. Selbst mit den Klebeteilchen Gluonen und Photonen dazu bleibt der Baukasten locker überschaubar. In Übereinstimmung mit der Vielfalt aller Dinge, zu der sich diese wenigen Bausteine zusammensetzen, ist es offensichtlich, dass es noch irgendeine geheimnisvolle Zutat geben muss, die solche Diskrepanz zwischen der mikroskopischen Quantenwelt und dem makroskopischen Alltag erwirkt. Aber was kann es sein? Der Trend unter den Skeptikern, den Wissenschaftlern und den Denkern geht in die Richtung, die Emergenz zu untersuchen. Also eine immaterielle Eigenschaft der Struktur. Das ist paradox und gerade für Physiker schwer zu akzeptieren. Denn die Physik ist der bisherige Höhepunkt im Streben der Menschheit, sich mit einer materialistischen Philosophie aus der Knechtschaft der spirituellen Quacksalberei selbsternannter Kenner und Freunde des Schöpfergottes zu befreien. Emergenz ist kein Stoff, sondern die Neigung von Stoffen, sich durch raumzeitliche Strukturbildung Eigenschaften zuzulegen, die durch nichts bisher Bekanntes in den Eigenschaften der materiellen Teile dieser Stoffe erklärbar sind. Das bedeutet, dass die materialistische Philosophie auf eine Erkenntnis zu schlittert, die den Materialismus zu widerlegen scheint. Quanten interessieren niemanden bei den Verrichtungen des Alltags: Essen, Trinken, Atmen, Sex und Arbeit. Aber es gibt nichts Materielles außer diesen Quanten. Also: was macht dann all die Qualitäten aus, um derentwillen wir essen, trinken, atmen, kopulieren, masturbieren, arbeiten, morden, lügen oder spenden? Wir tun es ja nicht wegen der Quanten. Wir tun es auch nicht für Geld. Wir tun manches davon für die Aussicht, das Geld, das uns jemand dafür gibt, wenn wir funktionieren, tauschen zu können gegen Geschmack, Rausch, Sex, Wohnung, Spaß, Freiheit und so weiter. Der Wert des Geldes liegt nicht im Geld begründet, sondern in der Emergenz, dass nahezu alle Menschen überall auf der Welt bereit sind, etwas Wertvolles mit mir für mein Geld zu tauschen. Das ist eine eigene, neue Qualität. Bei Edelmetallen waren immerhin noch die materiellen Eigenschaften der chemischen Beständigkeit und Seltenheit Vorgaben gewesen, die sie als universelle Tauschmittel auszeichneten. Geld, das zunächst aus Edelmetallen hergestellt war, hat inzwischen nicht einmal mehr Papier nötig. Es sind nur noch Bits in den Computern der Banken, die wir als Geld ausgeben. Geld ist zu einer virtuellen Information ohne Träger geschrumpft und funktioniert trotzdem enorm zuverlässig.

Die miteinander über Wechselkurse vernetzten Geldsysteme der Weltwirtschaft sind faktisch ein Beispiel für völlig vom Materiellen losgelöste, gigantische Emergenz. Die Teile des Systems, Banknoten und Münzen, sind nur noch zur Erinnerung relevant. Die tatsächlich wirksamen Bausteine des Weltfinanzmarktes sind virtuelle Daten. Wenn du die Absicherung durch Immobilien ins Feld führen willst, gehörst du zu den Gestrigen, um derentwillen es überhaupt noch materielle Träger für Geldwert gibt. Wie kommst du zu den Geldscheinen am Automaten? Du gibst bestimmte Daten her und eine Maschine führt eine automatische Buchung aus. Es passiert nichts anderes, als dass ein paar Bytes hin und her geschoben werden in einigen Transistoren und Kondensatoren. Zur Visualisierung der virtuellen Daten gibt es auf Wunsch auch noch passend gestrickte Pixelmuster auf Bildschirmen dazu, aber das war 's. Dass eine Immobilie den virtuellen Datensatz absichern soll, ist ein plausibles Märchen. Tatsächlich sichert die Immobilie gar nichts, sondern der Datensatz im Kataster tut es. Irgendein virtuelles Datum in einem Grundbuchamt verknüpft etwas, das du für ein Grundstück halten magst, mit einer digital gespeicherten Zahl, die du deinen Kontostand nennen magst. Vielleicht ist es das einzige vom Menschen geschaffene System dieser Größe, das rein spirituell ist und funktioniert. Da kannst du schimpfen wie du willst, aber das höchste Maß an exzessiv praktizierter, rein virtueller, vollkommen spiritueller Emergenz ist das weltwirtschaftliche Finanzsystem.

Nicht einmal ein Esoteriker braucht herum zu jammern, dass die Welt endlich aufwachen müsse aus der materiellen Verirrung und dass sie sich hinwenden müsse zur spirituellen Bewusstwerdung, denn der gnadenlose Materialismus hat uns im hochentwickeltesten Kapitalismus genau diesen esoterischen Wunsch längst exzellent beschert: alle Werte der Menschheit sind inzwischen immateriell an die Geister der elektronischen Datenverwaltungs-Maschinen gekoppelt und diese Kopplung ist so stark, dass die Datenbestände über alles bestimmen und die klassischen Werte nur noch erkannt werden im Kleid ihrer Abbildung auf die Datenbestände des pekuniären Spiritus.

Wenn du dir diese Wahrheit bis in die letzten Konsequenzen ständig klar machst, werden dir die Vorträge von Petter Johansson und Barry Schwartz vielleicht komisch, peinlich und verfehlt vorkommen. Dabei sind es gute Vorträge, gemessen an vielen anderen, die ich kenne. Wenn ich also sage, Geld sei ein grandios gutes Beispiel für Komplexität, weil es auf nahezu keinerlei

materiellem Baustein gründet, nämlich nur einem Speicherinhalt in einem Computernetz und trotzdem das gewaltige Konstrukt der Weltwirtschaft am Laufen hält, dann ist Geld vielleicht geeignet, statt der Gesichter im Versuch von Petter Johansson zu dienen. Wähle: fünf Euro Schein oder fünf Dollar Schein? Oder ... kannst du selbst spielen. So kriegst du raus, wie eng die Filterung sein muss, damit herauskommt, was Petter sehen will.

Warum halten sich dumme Leute für schlau? Die Frage beantwortet Arron Lomas in seinem Clip **[C]** mit der 'Wahrheit' dazu. Es wäre spannend, zu erfahren, wie er den Unterschied zwischen dem Gehirn eines dummen Menschen und dem Gehirn eines schlauen Menschen misst. Es gibt dazu Hypothesen, aber wie wir gesehen haben, können die Nobelpreisträger unter den Neurologen gerade einmal zählen, wie viele Synapsen ein Fadenwurm hat, dessen Nervennetz aus 302 Neuronen besteht. Niemand kann den Unterschied zwischen dem Gehirn eines Klassenprimus und dem eines Sitzenbleibers messen, außer mit äußerst wackligen, kulturell bedingten, weitgehend substanzlosen Vorurteilen. Was wir können: ein System mit strengem Reglement vorgeben und prüfen, wie gut sich ein Individuum in diesem virtuellen, aus unserer eigenen Willkür konstruierten Raum anpasst.

Die als Ausgangspunkt dienenden Videos **[f, g, C]** dieses Kommentars leuchten auf unterschiedliche, aber zweifelsfrei miteinander verknüpfte Merkmale des menschlichen Gehirns, die allesamt auf Emergenz zurückzuführen sind. Bau und Funktionsweise eines Neurons erklären nicht einmal im Ansatz, was wir durch diese Clips erfahren. Als Illustration einer Mischung dieser in den drei Beiträgen vorgestellten Theorien (da es positiv gewertete Experimente mit Bestätigung der vorgeschlagenen und geprüften Thesen gibt, darf ich von Theorien sprechen) schlage ich ein zweiteiliges Werk von einem Kunstschaufenden vor. Es sind zwei eng miteinander verkoppelte Filme, deren erster behauptet, ein Kinofilm zu sein und der zweite für sich den Anspruch erhebt, eine Dokumentation zum gleichen, sehr engen Themenkreis zu sein. Es geht in beiden Filmen um die kunsthistorisch motivierte Analyse eines berühmten Gemäldes. Sehr viele Menschen haben sich damit tiefgründig auseinandergesetzt, aber diese sehr vielen Menschen sind, gemessen an denen, die beim übrigens falschen Namen des Bildes nur fälschlich denken, sie seien Kundige, verschwindend wenige. Faszinierend **[C]**.



Die Dokumentation fängt an mit dem Satz: „Das Reichsmuseum ist gerade Schauplatz einer Schießerei.“ Dazu sehen wir einen Kameraschwenk über Polizeifahrzeuge, die mit Blaulicht über den als Park gestalteten Vorhof eines imposanten Gebäudes fahren. In das Übersichtsbild eingebildet: das Gesicht des Sprechers in einem kleinen Quadrat. „Die zuständigen Behörden sollten Ermittlungen aufnehmen.“ Als hätte der Dokumentarfilmer die wissenschaftliche Abschlussarbeit von Derek Muller gelesen und umgesetzt. Ein fast vierhundert Jahre altes Ölgemälde soll der Gegenstand kunsthistorischer Analysen sein, sagt die Dokumentation. Und dann dieser überraschende Anfang: ein Krimi. Das Verbrechen ist ziemlich genau so alt wie das Bild, um das es geht. Einen Raub würdest du für passend empfinden: Blaulicht vor dem Museum, da wurde wohl ein Schatz geraubt. Oder zerstört? Aber nein! Das Gemälde, versucht nun in der Folge die Dokumentation zu vermitteln, sei die Aussage eines indirekten Zeugen über einen Mord, der vom Maler Rembrandt van Rijn recherchiert worden sei. Rembrandt habe unter großer Gefahr während der Arbeiten an dem Gemälde die Hintergründe des Mordes aufgedeckt und sie in das Werk mittels relativ deutlicher Eigentümlichkeiten eingearbeitet. Fazit: die Nachtwache sei gleichsam das J'accuse des Malers gegen die auf dem Bild dargestellten Täter.

Der Autor ist ein äußerst gewitzter Illusionist, der mit seinen filmischen Mitteln eine sehr große Menge an historischen Fakten präsentiert, in die er einige nicht also solche erkennbare Spekulationen mischt, die seine Hypothese stüt-

zen. Mir besonders auffällig erscheint die Stelle mit dem Handschuh, zu der ich oben einen [Ausschnitt aus dem Film](#) ab geknipst habe. Ich will dir den Spaß nicht nehmen, selbst dahinter zu kommen, wie dich Peter Greenaway verzaubert, seine Kriminalgeschichte als lückenlose Beweisführung der Korrektheit seiner Eingangshypothese zu übernehmen. Wenn du dir den Spaß nicht verderben willst, selbstähnlich den Beweis zu führen, dass der Filmmacher nur deshalb nicht die Verbrechen der Verleumdung und des Betrugs begeht, weil er sich auf die künstlerische Freiheit berufen darf, eine Satire geschaffen zu haben, dann solltest du den Rest dieses Kommentars erst lesen, nachdem du dir „*Rembrandts Nachtwache – Geheimnisse eines Gemäldes*“ angeschaut haben wirst. Vorgeschmack ist der *Ausschnitt aus dem Film* oben.

Du kannst nun nämlich genau so vorgehen, wie Peter Greenaway es mit dem Gemälde tat, indem du die Dokumentation analysierst und an diversen Szenen, Details und Tatsachenbehauptungen die These prüfst, dass Greenaway in der Dokumentation bewusst lügt. Du kannst dir eine Hintergrundgeschichte dazu aus den Fingern saugen, die einen Betrug wahrscheinlich oder zumindest plausibel erscheinen lässt. Dann konstruierst du ein Faktenszenario, in dem beide Stränge (der Nachweis von Falschinformation und das Motiv des Künstlers Peter Greenaway, zu betrügen) gleichsinnig und sich gegenseitig stützend verknüpft werden. Für dieses Vorgehen musst du, um es gelungen hinzukriegen, ein Filter basteln, das dem Filter entspricht, mit dem viele moderne Arbeiten der Psychologen zu Werke gehen, um ihre Ergebnisse als aufsehenerregende Entdeckungen der Funktionsweise des Gehirns darzustellen und damit Ruhm zu ernten.

Dem reißerischen Ruf nach den ermittelnden Behörden, den du noch als pädagogisch wertvollen Trick werten kannst, ein fahles Thema der Geschichte und der bildnerischen Kunst durch die Verknüpfung mit dem billigsten aller kommerziell erfolgreichen Genres für breites, ungebildetes Publikum aufzuwerten, dem Krimi, folgt eine unsägliche Trivialität, gar populistische Geschmacklosigkeit hohen Ranges. Der Dokumentator (Doc) stellt eine Liste der vier berühmtesten Gemälde der westlichen Welt vor. Das klassische Klischee der Bestseller-Liste auf einen unüberschaubar riesigen Schatz großartiger Werke anzuwenden, gehört gewiss nicht in eine kunsthistorische Aufarbeitung von erhabenem Niveau. Ein Hinweis auf burleske Intentionen?

Vorgeblich motiviert werden diese journalistischen Entgleisungen durch den Gegensatz, den Doc damit zur Diskussion stellt: Die drei „führenden“ Werke wertet er zur kolossalen Propaganda für Italien und die römisch katholische Mythologie ab, also zu Gefälligkeit-Arbeiten für die Hegemonie der weltbeherrschenden Machtinstitution in Rom. Der konstruierte Gegensatz gipfelt in den sympathischen Attributen des Untersuchungsgegenstands: protestantisch, demokratisch, republikanisch, gemacht von einem armen Manne aus dem niederen Volk der Werktätigen, dem Sohn eines Müllers aus Leiden. Es werde allgemein vermutet, dass das Bild voller Geheimnisse stecke.

Ein Großteil des Quatsches, den Lügner, Verschwörung-Hysteriker, Esoteriker und andere Betrüger in die Masse der ungebildeten Leute streuen, wird mit dieser und adäquaten Formulierungen in die obskuren Sphären gehievt, in denen wertvolles Wissen der Alten, der Weisen, der Zauberer und der Außerirdischen lauere, um Freiheit von der Diktatur des Establishments solchen Auserwählten zu gewähren, die dem Hörensagen zu glauben wissen. Kurzum: Doc wählt die Rhetorik selbstüchtiger Prediger des spirituellen Quarks, der die Aufklärung vergiftet, um uns für Gläubigkeit zu motivieren. Die Bedeutung des Gemäldes und seines Schöpfers, des Malers, wird mit der ohne Nachweis ausgebreiteten Unterstellung überhöht, seit über zweitausend Jahren sei die öffentliche Meinung fast ausschließlich durch Gemälde gebildet worden. Synchron zu all diesen plakativen Plumpheiten laufen am unteren Bildrand endlose Kolonnen von Namen hervorragender Kunstkritiker, Kunsthistoriker und anderer berufener Mündler vorüber, die als stummer Autoritätsappell die Wahrheit des populistischen Geschwafels bezeugen sollen. All das passiert in einer getragenen, ernsthaft wirkenden Nüchternheit, wie sie uns in vielen 'Arbeiten' der Wichtigtuer und Szenekenner begegnen, die uns zuerst in eine einlullende Atmosphäre geistiger Erhabenheit schmeicheln.

Dann kommt punktgenau und präzise hart gesetzt der Angriff auf den schläfrig gewordenen Rest an Skepsis: „Die meisten Menschen sind visuelle Analphabeten. Wie könnte es auch anders sein. Unsere Kultur basiert auf dem geschriebenen Wort.“ Spätestens hier musst du merken, welches Spiel Peter Greenaway treibt. Es ist nur ein winziger Zeitsprung nötig für ihn, um dir diese beiden Thesen als tiefe Erkenntnis über die menschliche Natur zu verkaufen: seit der Antike haben fast ausschließlich Gemälde unsere Geister geformt; unsere auf Texten basierende Kultur hat uns zu visuellen Analphabe-

ten verkümmern lassen. Beide Aussagen scheinen plausibel. Beide Aussagen sind Schrott. Spätestens seit Homer prägt Literatur unsere Kultur und parallel dazu prägen spätestens seit den Höhlenmalereien Gemälde unsere Zivilisation. Außerdem Musik. Tanz. Der Mensch ist ein multikulturelles Genie, das sich neugierig auf alles stürzt, das seine Empfindungen erregt: Texte, Malerei, Bildhauerei, Musik, Gesang, Wissenschaft, Rausch, Sex, alles! Wie oft finden wir in Texten, von den trivialsten Klosprüchen bis in die hochtrabenden Doktorarbeiten, Zuspitzungen dieser unwürdigen Singularität! Das ist nur mit Satire zu erklären, wenn Peter Greenaway es hier in dieser offensichtlichen Tuchfühlung mit zwei sich gegenseitig ausschließenden Plausibilitätsbehauptungen an die Wand klatscht. Und er tut überzeugend so, als wäre es nicht nur sein voller Ernst, sondern wissenschaftliche Evidenz.

„Ist das, was wir sehen, wirklich das, was wir sehen? Oder sehen wir nur, was wir sehen wollen?“ Dieser Satz zu unterschiedlichen Varianten, Leonardo da Vincis Mona Lisa zu sehen, erscheint wie ein Zwilling zu Petter Johanssons TED-Vortragsthema: „Do you really know why you do what you do?“

Schau dir unter diesem Aspekt noch einmal Docs analytische Aufarbeitung der 31 Geheimnisse des Gemäldes an. Ich habe sehr von dem Film profitiert, weil Doc viele Hintergründe aufbereitet, die mir zum Teil gut aus der Literatur über andere Themenkreise bekannt waren, teils nur undeutlich im Hinterkopf schwebten, aber eben auch zu einem großen Teil gänzlich neu waren. Die meisten Fakten, die Doc erzählt, kann ich verifizieren. Spannend sind die Stellen, an denen er diese gesicherten Erkenntnisse über historische Vorgänge mit kunstgeschichtlich wirkenden Argumenten oder mit psychologisch plausiblen Spekulationen an seine Grundhypothese knüpft. Das funktioniert nach demselben Schema wie der Widerspruch oben bezüglich Text und Bild.

Die Nachtwache ist der Entstehungsgeschichte nach ein zeittypisches Bürgerwehr-Gemälde, allerdings mit vielen Abweichungen zu dem, was für dieses Genre typisch war, dessen Hauptakteure jeweils die Offiziere der jeweiligen Miliz-Kompanie sind. Nach der Darstellung Docs war die erste Vergabe des Auftrags durch den Hauptmann Piers Hasselburg erfolgt, der jedoch im Konstrukt der Geschichte das Mordopfer ist. Neuer Hauptmann sei Frans Banninck Cocq geworden, der Hasselburgs Sergeant Piers Egmont gegen seinen Vertrauten Jan Leijdeckers auswechselte. In dieser Vorgeschichte platziert

Doc bereits das Motiv und ich will nicht alle 50 Indizien und Beweise hier angeben, aus denen abzuleiten ist, dass Peter Greenaway mit „Nightwatching“ eine hervorragende Satire schuf. Der Versuchung, mich auf 30 plus 1 dieser 50 zu beschränken, widerstehe ich ebenfalls mannhaft: ich schüttle nur nach Lust und Laune ein paar Silberlinge aus dem Ärmel. So bleibt dir der Spaß, die fehlenden zu finden. Wenn dich Peter Greenaway für seine satirische Betrugsmasche mit dem abstrakten Widerspruch, wir seien infolge Tausender Jahre langer Dressur auf Texte zu visuellen Analphabeten geworden, die ihre gesamte Kultur fast restlos aus Symbolik, Form und Inhalt der Gemälde zögen, gegen deine logisch begründete Skepsis desensibilisiert hat, steigert er die Wucht seiner paradoxen Beweisführung mit einem versteckten Beweis dieser widersinnigen ersten These; denn wir sollen nicht merken, was er uns als nächstes Paradoxon antut. Er deklariert den Status Quo des Genres „Bürgerwehr-Gemälde des 17. Jahrhunderts“ durch die Charakterisierung: „Alle Figuren stellen, das Gesicht dem Betrachter zugewandt, ihren Reichtum und ihr Ansehen zur Schau.“ Diesen Text begleitet ein Schwenk über ein typisches Genre-Bild, das als Gegensatz zu Rembrandts Stilbruch dienen möge:



Alle Gesichter der Figuren sind dir zugewandt? Echt? Ich erkenne mit viel gutem Willen bestenfalls fünf Gesichter, die mir zugewandt sind. Es ist leicht, unter den Genre-Bildern eins zu wählen, bei dem der Text passt. Dieses jedoch gehört gerade nicht zu denjenigen, von denen Doc ein verallgemeinern-

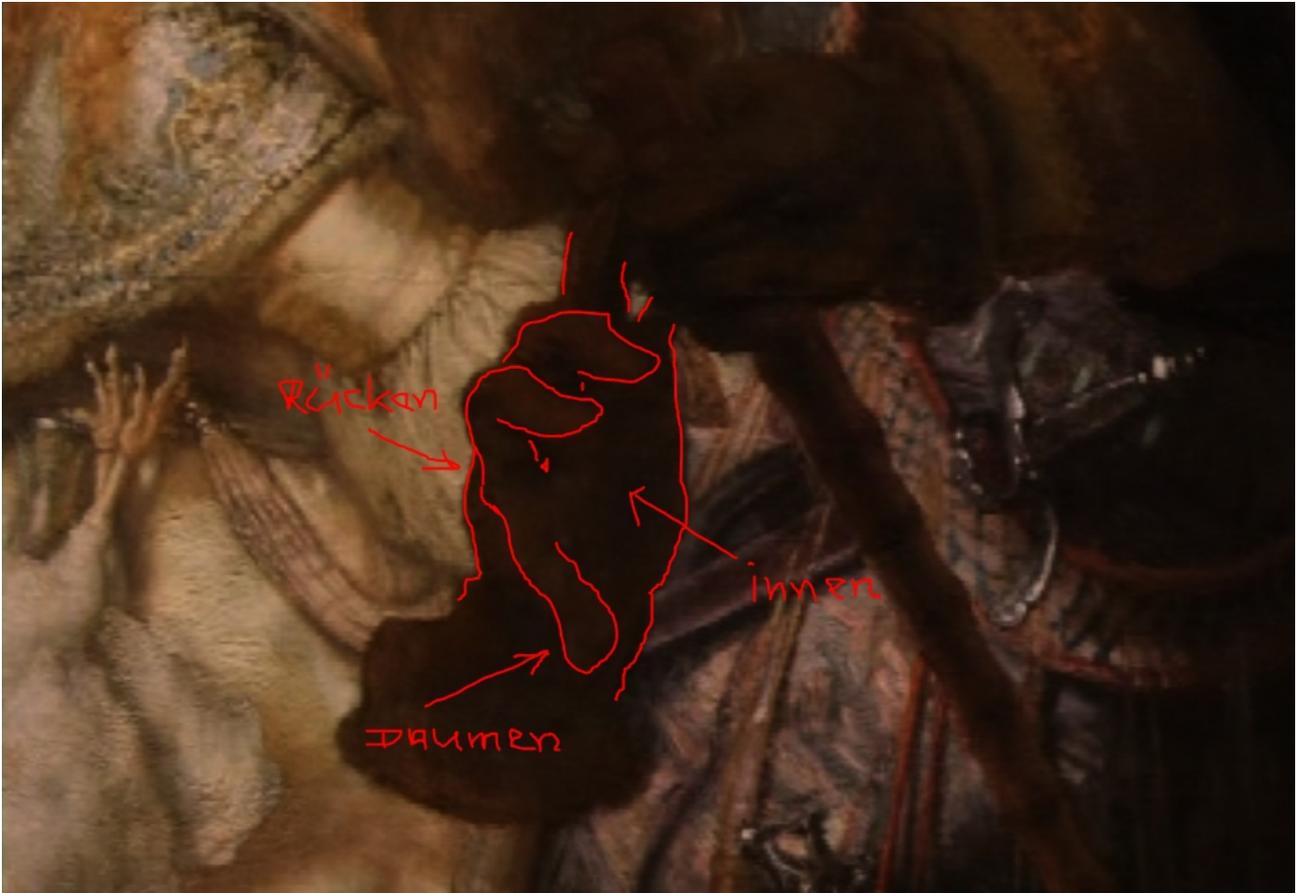
des Prinzip ausspricht und tatsächlich fällt es bei einem flüchtigen Blick kaum auf, wie grotesk der Text inhaltlich vom Dargestellten abweicht. Wenn Peter Greenaway damit bei dir durchkommt, hat er zwar nicht gezeigt, was zu zeigen er vorgibt, aber er hat hinterfotzig bewiesen, dass du deinen Augen weniger traust als deinen Ohren. Und damit hat er seine These, du seist ein visueller Analphabet, bewiesen.

Ich überspringe die äußerst geistreichen Konstruktionen der Feinstruktur des Mordmotivs, in das Doc eine Maria de Medici, eine Maria Stuart und die Kronjuwelen Englands einwebt. Trotzdem empfehle ich den übersprungenen Teil wärmstens, da die historischen Hintergründe dem Prinzip nach weitgehend bereichernd dargestellt sind. Maria Stuart ist natürlich nicht dieselbe, an die wir zuerst denken, bis uns einfällt, dass jene bei Rembrandts Geburt schon drei Jahrzehnte tot gewesen ist. Die Rede ist von Maria Henrietta Stuart, die 1642 von England wegen des Bürgerkriegs (1642 bis 1648; das Ergebnis war die gut gemeinte Terrorherrschaft der neu erfundenen Position des 'Lord Protector' Oliver Cromwell) entflohen und mit großer Eskorte holländischer Kriegsschiffe in Den Haag landete. Gleich weiter mit der Hand im Vordergrund, die „einlädt, in ein Theaterstück einzutreten“:



Rembrandt hatte vor dem diskutierten Genre-Gemälde bereits ein Porträt vom Schwager des Frans Banninck Cocq gemalt und seine Gage vor Gericht juristisch erstreiten müssen, weil der reichste Schnösel Amsterdams, unzufrieden mit dem Bild, die Zahlung verweigert hatte. Doc braucht diese nebenläufige Geschichte für ein süffisantes Detail zur Hand. Es sei nicht die Hand

des Frans Banninck Cocq, sondern die Hand des Ermordeten Piers Hasselburg. Die Textstelle, die wir hier brauchen: „Doch der Handschuh, den er mit spitzen Fingern seiner behandschuhten Rechten hält, so als wäre er etwas Unangenehmes, ist nicht etwa ein linker Handschuh, wie man annehmen sollte, sondern ein rechter.“



Wir sehen die nackte Linke von ihrem Handrücken her, den Handschuh aber von seiner Handinnenfläche her. Deshalb sind bei beiden Gebilden die Daumen bezogen auf den Körper des Trägers außen. Das kann dazu verleiten, den Handschuh voreilig als rechten Handschuh anzuschauen, aber es ist Blödsinn. Sobald du versuchst, deine Hand im Gedankenexperiment in den Handschuh gleiten zu lassen, merkst du es überdeutlich: dies ist ein linker Handschuh. Ganz im Gegensatz zum Text, der felsenfest und überzeugend im Tonfall von einem rechten Handschuh spricht. Peter Greenaway spielt mit uns einen neuen Beweis seiner Überzeugung, dass wohlbedachtes, geschultes Sehen, Betrachten eines Bildes nicht im gleichen Maße belogen werden könne wie das Ohr durch einen Text. Er spielt aber auf einer zweiten Ebene: Satire. Wie Kunstkritiker oft neben den Tatsachen her argumentieren, um ihre Thesen zu bekräftigen, führt er hier eine unverschämte offensichtliche Lüge vor,

die leicht funktioniert, wenn nur das Publikum seiner These entspricht, das Sehen verlernt zu haben, weil wir dazu neigen, Texten zu glauben, auch wenn die Natur dazu offensichtlich das Gegenteil zeigt und damit beweist, dass der Inhalt des Textes Quark ist. Die Weiterleitung auf den Fehdehandschuh des Schwagers von Banninck Cocq ist eine köstliche, zusätzliche Bestärkung im Irrtum. Der Fehdehandschuh am Boden des Porträts liegt aus dem Blickwinkel des Betrachters mit der Öffnung nach oben, während Banninck Cocqs linker Handschuh die Öffnung unten hat. Das kann ein ungeschultes Auge verwirren, zu denken, die Chiralität sei bei beiden Objekten gleich. Genau so funktionieren auch viele Argumente aus dem Dunstkreis esoterischer Lehren. Der Lügner behauptet eine offensichtliche Unwahrheit im Vertrauen darauf, dass seine Gläubigen nicht etwa skeptisch auf die Diskrepanz zwischen der Natur und der Behauptung hinweisen, sondern eher dazu neigen, die Fehlschlüsse für besonders genial zu halten. Wie uns hier Peter Greenaway hinters Licht führen will ist also auch auf einer dritten Ebene grandioses Lehrstück: er offenbart einen der beliebtesten Tricks spiritueller Illusionisten. Schau her, ich zeige dir einen rechten Handschuh und du glaubst es mir, weil ich es sage, obwohl du siehst, dass es ein linker ist.

An dieser Stelle sollte dir spätestens klar sein, weshalb ich diesen vielen Text aus dem Film exzerpiert habe. Was uns Peter Greenaway hier schenkt, das ist ein Zauberkunststück von ähnlicher, wissenschaftlicher Qualität wie der Vortrag von Petter Johansson. Auch Peter Greenaway bereitet ein Filter für uns vor. Er bereitet eine Geschichte voller nachprüfbarer Fakten auf, die uns geneigt machen, ihm zu vertrauen. Er nimmt ein anerkanntermaßen komplexes Thema: welche Geheimnisse stecken in der Nachtwache. Er bereitet es zum Krimi auf. Wir alle lieben Krimis. Krimis reizen unsere Neugier. Neugier ist ein wesentliches Element der Menschlichkeit. Berühmtheit ist reizvoll. Künstler von Weltrang sind attraktiv. Aber nur ganz wenige Menschen wissen über die Nachtwache auch nur einen Bruchteil der Fakten, die uns Peter Greenaway hier kundtut. So öffnet er unseren Geist für die wenigen, aber extrem massiven Lügen, die jeder ganz leicht aufdecken könnte, wenn er ohne die emotionale Vorspannung seiner Vorurteile schauen würde. Und wenn er seine Skepsis aufriefe, im Kontext zu werten, wie konzis die Argumente gefügt sind. Abschließend noch ein kontextuelles Beispiel zum Problem der Hand.

„ [...] beachten sie, dass Banninck Cocq, der ihnen, dem Betrachter, die Hand

entgegen streckt, mit eben der linken Hand im Begriff ist, Jesus in die Hölle zu führen. Und die Finger seiner linken Hand haben keine Fingernägel. Ist das nicht ein todsicheres Zeichen für Banninck Cocqs dämonische Natur?“

Dieser Textabschnitt ist der Dämonisierung des Mannes in Schwarz gewidmet und jedes nur irgendwie aus dem Gemälde zu ziehende Indiz ist willkommen, die These zu untermauern. Im Kontext funktioniert das freilich nur, wenn die Hand auch wahrlich Banninck Cocqs Hand ist. Aber hatte Peter Greenaway nicht eine halbe Stunde vor dieser Passage in einem der früheren Punkte ebenso überzeugend argumentiert, diese Hand sei wie nicht zu Banninck Cocq gehörend, weil sie eine Erinnerung sein solle an den rechtmäßigen Hauptmann der zweiten Kompanie? Jenes Piers Hasselburgs Hand sei es eben, die Rembrandt noch zu einer Zeit gemalt hätte, als die Kompanie sich auf den Besuch der französischen Königin-Mutter vorbereitet habe mit zwei französischstämmigen Anführern. Dann sei der Mord am Hauptmann verübt worden, um den Anführer des Komplotts, Frans Banninck Cocq, anstelle des Ermordeten die Kompanie für den Empfang der aus England anreisenden Maria Stuart rüsten zu lassen. Wenn also dem Doc in den Kram passt, die Hand als Hand des guten, ermordeten Hasselburgs darzustellen, macht er es ohne Rücksicht auf den inneren Widerspruch zu seiner später ebenso hübsch ausgedachten Idee, die Hand satanisch zu charakterisieren, weil sie zum leibhaftigen Teufel Banninck Cocq gehört.

Am besten gefällt mir an Peter Greenaways Satire, dass die Kritiker sie ernst nahmen. Sie schalten ihn ob der unzureichenden Kenntnisse in strenger, kunsthistorischer Argumentation. Es fiel ihnen nicht auf, dass im Umfeld der besonders offensichtlichen Widersprüche seiner Präsentation wirkungsvoll die satirischen Noten der Rembrandtschen Malerei beschworen werden. Die Fachwelt hat diese Satire nicht als solche gelobt, obwohl sie hervorragend gelungen ist, sondern sie hat das Werk als wissenschaftliche Stümperei abgestraft. Das hat durchaus einen sehr lieblichen Charme, der mir die Wirkung des Lehrstücks noch versüßt. Die Fachleute haben Argumente aus dem Fundus ihrer Abgehobenheit gekratzt, wie die Testlinge Petter Johanssons. Das zeigt, wie gut die Filter von Peter Greenaway gesetzt und ausgeführt waren. Er beteuert, tatsächlich selbst von seiner Sicht überzeugt zu sein. Das ist sein gutes Recht und es heißt nicht, dass er dumm ist. Er hat die Interpretation ja auch wirklich überzeugend begründet. Nur hat er außerdem auch noch einen

satirischen Schleier darüber geworfen, um ein grandios unterhaltsames Lehrstück der Psychologie daraus zu basteln. Die von mir aufgeführten Beobachtungen beweisen, dass Peter Greenaway selbst sehr satirisch unterwegs ist. Das heißt nicht, dass er an die Verschwörung und den Mord nicht glauben würde. Es gibt Metaebenen in dem Werk. Er will uns tatsächlich die historische Evidenz vermitteln. Nur beweisen, wie er behauptet, es zu können, lässt sich das mit dem Gemälde halt eben nicht. Fast alle Fakten, die Peter Greenaway anführt, stammen aus der Literatur. Er hat viel gelesen, um die Rollen aller beteiligten Figuren zu verstehen. Die Bilder können nur im Kontext dessen verstanden werden, was wir über die Bilder hinaus auch noch aus Sachtexten zusammentragen können. Daraus macht er ein Drehbuch. Das ist ein Text. Dieser Text sagt, wie die Bilder aussehen müssen, damit sie seine Intention transportieren. Beim Entwickeln des Drehbuchs überlegt sich Peter Greenaway ganz genau, an welcher Stelle seines Film jeweils welche Wörter und Sätze zu jeweils welchem Detail der Geschichte vorkommen. Als Drehbuchautor und Regisseur hat er die vollständige Kontrolle über die Einzelteile und das Gesamtbild seines Werks. Er sieht die Widersprüche in seinen eigenen Textpassagen ganz exakt. Er wird nicht von ihnen überrascht, wie du es wirst oder ich es werde, sobald wir uns seiner Darbietung hingeben. Wir werden geführt. Solche wie ich, die vieles von dem, was er an Entdeckungen preisgibt, zum ersten Mal mitgeteilt bekommen, merken schnell ihre Unterlegenheit in der Thematik und neigen dazu, sich seiner kundigen Führung anzuvertrauen. Die wenigen Zuschauer, die auf dem präsentierten Gebiet fachkundig sind, erkennen vor allem die Diskrepanz zwischen seiner dem Anschein nach wissenschaftlichen Herangehensweise und den nicht als solche gekennzeichneten, spekulativen Elementen der Argumentation. Beide Vorspannungen – als Laie und als Fachmann – führen zwar zu unterschiedlichen Weisen der Rezeption, aber den Reaktionen auf sein Werk nach zu urteilen entgleitet beiden seine Intention, eine Satire geschaffen zu haben. Das deutet darauf hin, dass seine konstruierten Filtersysteme einem Bandpass entsprechen. Oberhalb wie unterhalb des Fensters scheitern beide Kategorien der Betrachter darin, zu erkennen, wie sarkastisch Peter Greenaway die Hand zur gütigen Linken des braven Hasselburg erklärt und zur satanischen Pranke des üblen Banninck Cocqs. Der Filmemacher erntet überwältigenden Zuspruch von Laien und niederschmetternde Kritik von Fachleuten. Da wurden Urteile gefällt, denen jeweils eine wesentliche Grundlage fehlte.

Wundervoll instruktiv für Menschen, denen die Neugier auf die Funktionsweise des Gehirns geblieben ist, finde ich das Fazit von Kritikern, die sich zwischen den Stühlen sehen; die also ein bisschen Ahnung von Kunst zu haben glauben, Spezialisten für Film-Kunstwerke sind und Zugang zu Arbeiten der hauptamtlichen Kunstgeschichtler nutzen: „[However, reality was different.](#)“ Damit wird freilich vor allem ausgesagt, jemand wisse die Wahrheit über die wirklichen Vorgänge. Aber wo genau versteckt sich die abweichende Realität in den Darlegungen Peter Greenaways? Versteckt sie sich denn überhaupt? Ein wichtiges Argument, dass der Autor irre, ist die Interpretation, das Gemälde habe zu Rembrandts Absturz geführt; tatsächlich sei es der Tod seiner über alles geliebten Gattin gewesen, nicht etwa die Ausgrenzung durch die holländischen Oligarchen. Was für eine kühne Abgrenzung zwischen Täuschung und Wirklichkeit!

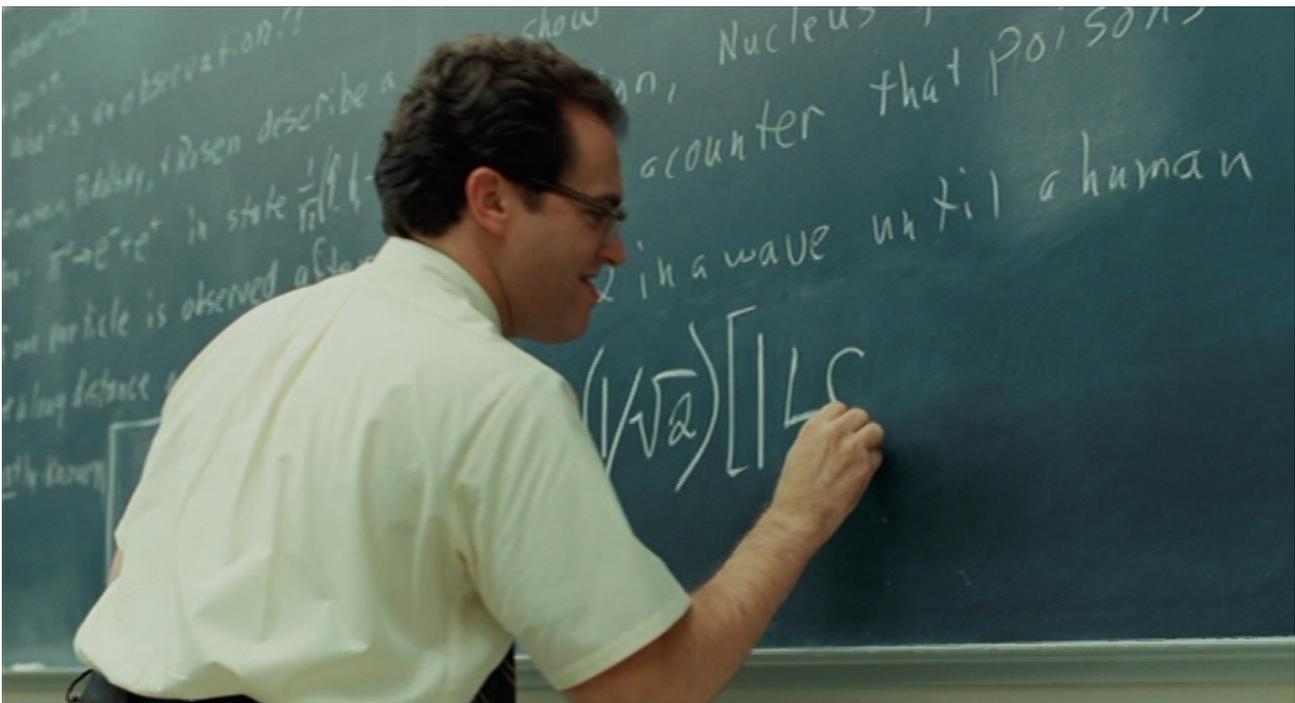
Dazu rege ich an, zu entscheiden, ob Walter Lewin **[Q]** der Erfinder einer einprägsamen [Physik-Demonstration](#) ist, die von einem anderen Physiker übernommen wurde, ob der andere Physiker das Original des Experiments erfunden hatte und Walter Lewin es nur kopierte oder ob die Macher des Spielfilms *The Challenger* Walter Lewins Experiment als wirkungsvolle Szene zur Charakterisierung ihrer Hauptfigur Richard Feynman als Anleihe nahmen, ohne dass Richard Feynman je [dieses Experiment](#) vorgeführt hätte. „[...] weil wir nichts absolut sicher wissen können.“ Ist doch eine faszinierend paradoxe Tatsachenbehauptung aus dem Mund des Physikers Richard Feynman: er scheint absolut sicher zu wissen, dass wir nichts absolut sicher wissen können. Das passt in dieser Form eher zu Sokrates, den wir in der lateinischen Übersetzung als elegante ACI-Konstruktion präsentiert kriegen, wenn wir ein humanistisches Gymnasium überleben wollen: „Scio me nescire.“

Der Spielfilm stilisiert Richard Feynman zu „einem der zehn bedeutendsten Physiker aller Zeiten“, oh, Mann, wer will denn anhand welcher Kriterien eine derartige Wertung vornehmen? Es muss jemand sein, der den elft-bedeutendsten Physiker aller Zeiten kennt. Das wüsste ich gerne, wer dieser Elfte war, der es gerade nicht geschafft hat. Und was sind alle Zeiten? Da wird so eine kluge Geschichte in Bildern und Dialogen erzählt und dann machen die Dramaturgen einen solchen Quark dazu, der nur idiotische Heldenverehrung an die Stelle von echtem Respekt setzt.

Ludwig Boltzmann, Isaac Newton, Albert Einstein, Arnold Sommerfeld, Enrico Fermi, Emmy Noether, Murray Gell-Mann, Ernest Rutherford, Max Planck, Galileo Galilei, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Erwin Schrödinger, Paul Dirac, James Clerk Maxwell, Michael Faraday, Lise Meitner, Wilhelm Röntgen, Max von Laue, Theodor Hänsch, Klaus von Klitzing, Max Born, Pascual Jordan, Hendrik Antoon Lorentz, Hermann Helmholtz, Joseph-Louis Lagrange, William Rowan Hamilton, Peter Debye, John Archibald Wheeler, Niels Bohr, Eugene Wigner, Josiah Willard Gibbs ...

Wer, verflucht nochmal, war wohl der Elfte?

So ein Scheiß! Aber das gefällt den Leuten, stimmt 's? 'Wir' wissen, wer die bedeutendsten Physiker aller Zeiten waren. Wie ist 'bedeutender Physiker' definiert? Da steckt dieselbe Schlampigkeit im Denken dahinter wie in der kindischen Wahl 'seines' schlausten Kerls aller Zeiten von Arron Lomas. Oder in der Aufzählung der vier berühmtesten Gemälde der westlichen Welt.



Der könnte es sein: Larry Gopnik! Er berechnet in der Vorlesung vor seinen Studenten das Schrödinger-Paradoxon, nach dem die Katze sowohl tot als auch nicht tot ist, bis jemand in die Kiste schaut und damit die Wellenfunktion durch Messung kollabieren lässt. Dekohärenz zu lehren ist bedeutend.

[m] *Hans-Peter Dürr: Es gibt nichts Unschöpferisches*

[a] *David Tong: Die wirklichen Bausteine des Universums*

[n] *Jürgen Ehlers: Einstürzende Doppelsterne*

[p] *Berthold-Georg Englert: COLLOQUIUM: what do the data tell us?*

[n] *Berthold-Georg Englert: No qualms about quantum theory*

[U] *Günther Paal: Gunkl war DA!*

Der [Nabla-Operator](#) ist sehr mächtig und für Anfänger der Gewöhnung bedürftig. Kannst jemand denn irgendwann anfangen, in [Laplace-Operator](#) und [d'Alembert-Operator](#) zu denken, ohne sich immer wieder deren Zerlegungen in Komponenten der Raumzeit zu überlegen? Du lernst tatsächlich eine Sprache, wenn du Physik studierst. Eine Fremdsprache. Wenn du es machst, tust, in ihr redest eben – beginnst du dann irgendwann zu begreifen, wie sich eine Divergenz anfühlt, was ein Gradient anstellt und wie sich eine Welle manifestiert? Manifestieren ist ein Wort, dem die geschmeidige Erfüllung fehlt. Ausbreiten ist nicht richtig. Es gibt kein passendes Wort für eine Erscheinung, die durch den d'Alembert-Operator ausgedrückt wird. Physik mit mathematischen Methoden zu betreiben entspricht dem, was unser Gehirn vorgibt. Wir lieben Mathematik. Alle. Es ist nur fast allen von uns zu schwierig, den notwendigen Kanon zu lernen, um Mathematik als Sprache zu treiben. So blenden uns die Parasiten mit Superlativen, die sie mit kurzen Listen verknüpfen: die vier berühmtesten Gemälde, die zehn bedeutendsten Physiker, die sieben erfolgreichsten Musiker und die fünf reichsten Männer. Männer, weil Frauen teilen, also können sie nicht so reich werden. Okay?

Mit Urvertrauen ausgestattet spürst du den Drang, alles auszuprobieren. Wenn du die Kindheit überlebst, dann verdankst du es vor allem deinen [Nozizeptoren](#). Freiheit zu erlangen ist nur möglich unter Schmerzen. Das ist keine Philosophie, keine Medizin und keine Poesie, sondern die Basis des Glaubens. Glaube ist eine notwendige Voraussetzung für Leben. Allerdings ist Glaube ein sprachliches Konstrukt, dessen Definition statt scharf schlicht verwaschen daherkommt. Gunkl versteht darunter das religiöse Konzept, seine Handlungen an Regeln auszurichten, die entweder auf keinerlei wissenschaftlicher Grundlage fußen oder deren einst hypothetisch unterlegtes Fundament inzwischen widerlegt ist. Es ist einerseits löblich, dass er versucht, Begriffe der Alltagssprache sauber abgegrenzt zu definieren, andererseits erzeugt er damit eine isolatorische Enklave. Mein Begriff von Glaube deckt sich nicht mit seinem. Ich glaube, gute Gründe zu haben. Wie auch andere [o].

Welche Wirkung hat Schmerz? Er drängt den Handelnden, der ihn spürt, künftig zu vermeiden, was dazu führte. Dieser unscheinbare, fast triviale Satz lebt von einer immens großen Menge an Voraussetzungen, die er braucht, damit er verstanden werden kann. Ein Handelnder wird eingeführt, der gleichgesetzt wird mit dem Schmerz Empfindenden. Wir unterstellen einen Menschen und billigen ihm zu, mehrere Rollen gleichzeitig zu spielen. Handeln heißt irgendwie gestaltend etwas tun. Dieses Tun wird gleichgesetzt mit dem Auslösen des Schmerzes: Kausalität. Künftig Schmerz zu vermeiden impliziert, dass es die Zeit mit einem ausgezeichneten Zeitpfeil gibt und dass es eine Freiheit für den Entscheidenden gibt, eine Handlung auszuführen oder nicht auszuführen. Den Entscheidungen werden ein Wille und ein Ziel des Menschen angelastet. Noch einmal langsam: *Schmerz drängt den Handelnden dazu, künftig zu vermeiden, was dazu führte*. Notwendige Voraussetzungen fürs Verständnis dieses trivialen Satzes sind das Verständnis von Zeit, Wille, Entscheidungsfreiheit, Gestaltungspotenzial, Kausalität und noch einiger philosophisch schwieriger Themen darüber hinaus. Damit ein Mensch diesen Satz nicht versteht, braucht es schon nachweisbar pathologische Defizite in seinem Gehirn. Wer gesund ist, der wird den Satz verstehen können. Zugleich erfordert die Analyse der Aussage im Kontext der Darreichungsform mindestens ein Diplom in Physik, eins in Philosophie, eins in Neurologie und eins in Psychologie. Du wirst zu den im Satz mitschwingenden Konzepten mehr hochwertige Fachartikel in der wissenschaftlichen Literatur finden, als du in deiner Lebenszeit zu lesen schaffen kannst. So wird jeder Mensch vom exponentiellen Wachstum des Fachwissens abgehängt.

Exponentiell zu wachsen unterstelle ich dem Wissen, weil es eine bekannte Tatsache ist, dass Wissenschaft vor allem neue Fragestellungen gebiert. Antworten zu finden ist nicht im eigentlichen Sinn wissenschaftlich, denn Wissenschaft ist das Betätigungsfeld der Neugierigen. Neugier ist die Sehnsucht nach Neuem und das Wissen bezieht sich auf Altes. Um Wissen zu schaffen, musst du aus dem Gewussten ausbrechen ins Unbekannte. Um hinaus zu finden aus dem Komplex der stetig rasant wachsenden Architektur gesicherter Erkenntnisse, musst du dieses Gebäude gut genug kennen, um spannende Fragen zu stellen, die noch nicht durch die fertiggestellten Teile erschlossen sind. Zur groben Veranschaulichung biete ich ein Gedankenexperiment an. Sei das Wissen ein Wolkenkratzer im Rohbau.

Du wendest dich an einen der Arbeiter, die im Gebäude Mauern einziehen, Türen setzen, Elektrokabel einziehen und Wasserrohre verlegen. Er führt dich herum. Du fragst: was ist da unter uns? Er weist dich zu einer Treppe, die nach unten führt. Du sagst: nein, ich will es nur wissen, ich will nicht alles da unten mit meinen Füßen abblättern müssen. Erzähle mir nur, was ich wissen muss, um es mir vorzustellen. Im Geiste folgst du seinen Schilderungen. Und oben?, fragst du. Und was ist hinter dieser Wand?, fragst du. Und wie ist die Aussicht von einem Fenster?, fragst du. Irgendwann kommt ihr in einen Bereich, in dem der Kerl selbst noch nie war und in dem er auch nichts zu suchen hat. Nebel ist eingefallen, der das Haus ausfüllt. Da wird es nun spannend. Wenn du die Prinzipien des Baus verstanden hast, kannst du auch ohne Führung relativ gut weiter forschen. Wenn du aber die Prinzipien nicht verinnerlicht hast, wird relativ schnell der Schritt kommen, durch den du aus dem Rohbau ins Freie trittst und mit dir selbst als Testmasse, deiner Stoppuhr und der Kenntnis einer Formel, die dir aus dem Erdgeschoss noch in Erinnerung geblieben ist, im Augenblick des Aufpralls herausfindest, dass du aus der 333-ten Etage gefallen sein musst. Zu erklären lag mir am Herzen, weshalb ich das Wachstum als exponentiell einschätze. Dazu erachtete ich als notwendige Grundlage, dass du die Ansammlung von Wissen wie ein Bauwerk begreifst, bei dem die Anordnung der Elemente wesentlich ist. Einem Gebäude wohnt Struktur inne. Du kannst es auch Gestalt nennen, aber Gestalt ist mit zu viel materiellen Assoziationen verknüpft und deshalb gefällt mir Struktur besser; es ist abstrakter und daher flexibler. Wissen besteht nicht aus Daten und auch nicht aus der Ablage von Daten an einem Speicherort, sondern Wissen ist ein Ausdruck für die Struktur des Gehirns, in dessen Architektur sich dieses Wissen manifestiert. Es sind die Verknüpfungen von Neuronen miteinander, die Wissen repräsentieren. Das bedeutet, dass mit der Erlangung von Wissen das Gehirn errichtet wird. Weiter gedacht ergibt sich das Bild eines Rohbaus fürs Gehirn; ein Gebäude, das keinen Endpunkt, keine Fertigstellung, kein Richtfest kennt. Insofern ist das Reifezeugnis am Ende des Gymnasiums Betrug. Das Gehirn wird niemals reif. Es kann verkümmern, verschrumpeln, dement werden – aber nicht reif.

Exponentiell wächst etwas, wenn umso mehr dazu kommt, je mehr schon da ist. Wissen sei W . Da W neue Fragen provoziert und Fragen zu neuem W führen, gilt: W wächst proportional zu W . Dazu gibt es eine mathematische Form, weil es schlicht reizvoll ist, sich so etwas zu überlegen, also hat es

jemand irgendwann einmal gemacht. Ein wichtiger Baustein fürs Begreifen dieser mathematischen Form ist die Analysis, wie sie von Isaac Newton und Gottfried Wilhelm Leibniz unabhängig voneinander erfunden wurde. Die Frage ist: wie ändern sich die Werte einer Funktion? Konkretes Beispiel: wenn du ohne die mathematische Grundausbildung in die moderne Physik quer einsteigen willst, brauchst du Menschen, die dir ihre Interpretationen der Formeln in deiner Muttersprache vorsingen. Damit bastelt sich deine Gehirn-Architektur ein eigenes Bild von den Naturgesetzen. Dieses Bild kannst du an nichts anderem prüfen als an deinen bis dahin schon errichteten Strukturen. Daher wirst du sehr schnell den Boden verlassen, der deine Füße trägt. Du stürzt ab in den Quark der Beliebigkeit. Also fragst du jemanden, wie Prozesse am besten sichtbar gemacht werden. Er sagt dir: wenn du aus dem Rohbau fällst, wirst du bis zum Boden, an dem du zum Fettfleck zerbersten wirst, immer schneller. Du brauchst ab deinem Sturz aus dem 333-ten Stockwerk bis zum Boden des 332-ten Stockwerks 0,8 Sekunden. Nach der doppelten Zeit, also nach 1,6 Sekunden, hast du aber die vierfache Strecke, also vier Etagen überwunden. Nach 2,4 Sekunden 9 Etagen, deine zurückgelegte Wegstrecke in den Tod nimmt mit dem Quadrat deiner Fallzeit zu. Wenn du deine Fallstrecke in einem Diagramm gegen die Fallzeit aufträgst, kommt eine Parabel heraus. Die Frage in diesem Beispiel ist, wie schnell du jeweils an jedem Stockwerk vorbei fällst. Anders gefragt: du hast den Grafen deines Weges gegen die Zeit und willst den Grafen deiner Geschwindigkeit gegen die Zeit haben. Die mathematische Operation, die dir das liefert, ist die zeitliche Ableitung, die auch zeitliches Differential heißt. Diese Operation haben eben Newton und Leibniz erfunden und sie funktioniert hervorragend. Nicht nur für Funktionen der Zeit, sondern allgemein. Um zu sehen, wie sich der Funktionswert eines Bestandes ändert, von dem du aus einer logischen und plausiblen Überlegung weißt, dass die vorhandenen Individuen gleichwertige Generatoren für dazukommende Individuen sind, machst du etwas eigentlich Triviales, aber doch verrückt geiles: du wendest die Operation auf sich selbst an. Wissen W wächst proportional zu W . Je mehr W da ist, desto mehr W kommt dazu. Einfacher geht 's nicht. Das jetzt in der Schreibweise der Analysis: $dW/dt = pW$ sprich: die Änderung von W in der Zeit t ist gleich einer Proportionalitätskonstante p multipliziert mit W . Umformen ergibt: $dW/W = p dt$. Offensichtlich hat die Proportionalitätskonstante die Dimension einer reziproken Zeit. Denn das Produkt aus p und der Zeit dt muss 1 sein wie der Bruch dW durch W .

Jetzt integrierst du über die Zeit und kriegst $W(t) = W(t=0) \exp(pt)$. Das ist schon irgendwie extrem schön. Ich habe bisher niemals eine Episode erlebt, in der Physik und Mathematik näher beieinander gewesen sind als in dieser Definitionsgleichung der Exponentialfunktion. Etwas wächst genau so schnell, wie es groß ist. Eine Bakterienkultur wächst pro bestimmtem Zeitabschnitt um so viele Bakterien an, wie ursprünglich Bakterien da sind. In einem Klumpen Radium zerfallen während eines bestimmten Zeitabschnitts halb so viele Radium-Kerne, wie zu Beginn dieses Zeitabschnitts da sind. Das ist so einleuchtend wie sonst nichts anderes auf der Welt. Je mehr Leute auf der Welt sind, desto mehr Kinder kommen auf die Welt. Exponentielles Wachstum. Kaninchen. Aber: es gibt immer eine Bremse. Jedes Wachstum wird dadurch begrenzt, dass es die Realität verbiegt und damit die Bedingungen ändert. Beim Zerfall ist es noch leichter zu sehen: die Radium-Kerne werden immer weniger. Irgendwann wird der letzte Radiumkern zerfallen. Dann ist kein Radium mehr da, das zerfallen könnte. Für den Zerfall gilt dasselbe Gesetz wie für das Wachstum. Du kannst das Vorzeichen in der Exponentialfunktion als Standpunkt deuten, von wo aus du den Prozess anschaust. Wenn ein Bakterienstamm wächst, wandelt er Ressourcen der Umgebung in Bakterien um. Also schwinden die Ressourcen im gleichen Maß, wie die Bakterien wachsen. Sie zerfallen nach dem Exponentialgesetz.

Das wissenschaftliche Wissen der Menschheit wächst exponentiell, bis die Ressourcen dafür so weit erschöpft sind, dass der Mangel daran als Bremse für das Wachsen wirkt. Welche Ressourcen nähren die Wissenschaft? Neugier verknüpft mit der Unzufriedenheit, nicht das Optimum aus den Möglichkeiten zu machen, solange man die Möglichkeiten gar nicht kennt. Dazu sollten wir forschen. Wo stehen wir denn in der Entwicklungskurve menschlichen Wissens? Sind wir schon in der Bremskennlinie der erschöpften Ressourcen? Haben wir aufgehört, neugierig zu sein?

Was sagt das Gedankenexperiment mit dem Wissensgebäude noch? Freiheit und Schmerz hängen zusammen. Um im Rahmen der Naturgesetze frei zu sein, Entscheidungen für das Handeln zu treffen, braucht es Sensorik. Jedes bekannte Lebewesen ist mit Rezeptoren ausgestattet. Rezeptoren dienen dem Zweck, Umgebungsbedingungen zu messen. Das ist die Wurzel der Schwierigkeiten, die sich die Menschheit mit der Quantenphysik eingefangen hat vor rund hundertzwanzig Jahren. Das Messen filtert aus den möglichen Uni-

versen genau diejenige Teilmenge aus, deren Elemente (=Universen) den Messwert ergeben. Unendlich viele Universen, die einen anderen Wert als den gemessenen ergeben, sind dann nicht mehr existent. Darin besteht auch wohl die schwierigste Herausforderung der Multiversum-Hypothese. Messung lässt die Wellenfunktion kollabieren. Das kannst du auch so ausdrücken: die Potenzialität der Welt wird durch eine Messung bezogen auf das Szenario dieser Messung vernichtet, weil die Wahrscheinlichkeitsverteilung ungültig wird. Aus den Wahrscheinlichkeitsamplituden der Schrödinger-Gleichung werden durch die Messung mittels Quadrierung (Multiplikation der Wellenfunktion mit ihrem komplex Konjugierten) Intensitäten derart, dass aus den unendlich vielen 'Könnte-sein' ein ganz fixes 'Ist' wird. Das heißt: Dekohärenz. Ich sehe darin ein untrügliches K.O. Kriterium für die Hypothese der Parallelwelten. Dekohärenz ist Wirklichkeit. Dekohärenz vernichtet die Paralleluniversen im Augenblick jeder Wechselwirkung. Denn jede Wechselwirkung ist im weitesten Sinne eine Messung. Ich wundere mich über gestandene Physiker, die ein Multiversum ernsthaft für eine Option halten, unsere Wirklichkeit zu deuten. Es ist doch offensichtlich, dass jede Wechselwirkung in der Potenzialität der im Hintergrund lauenden Wahrscheinlichkeitsfunktionen notgedrungen eine Rückwirkung auf alle anderen, sich aus demselben Wahrscheinlichkeitsfeld nährenden Universen haben muss, weil sonst die Wirklichkeit dessen vom Phantom zum Quark schrumpft, das wir als Ausgangspunkt unserer Berechnungen verwenden. Aber das mag ich gar nicht ausführen, weil es eh ein Schmarren ist, wenn man sich die Konsequenzen überlegt. Was wir sehen ist die Dekohärenz bei jeder Wechselwirkung, Punkt. Parallele Möglichkeiten sterben im gleichen Moment, in dem ein Photon das Elektron eines Wasserstoffatoms schubst. Dekohärenz.

Praktisches Beispiel: Licht. Licht ist unsichtbar. Sichtbar ist nur die Wechselwirkung von Licht mit Materie. Wenn Licht auf ein Atom trifft und dort ein Elektron 'stößt', geht das Licht verloren. Seine Energie bleibt als Anregung des Elektrons im Atom erhalten. Wenn das Elektron wieder auf seine Bahn zurückfällt, sendet es Licht aus. So kann zwar ein neues Photon geboren werden, aber zuerst einmal ist das ursprüngliche Photon unwiderruflich weg. Ratzfatz. Diese Prozesse sehen wir nicht. Was wir sehen, sind Lichtquanten, die in unserer Netzhaut Elektronen so anregen, dass sich aus diesen Anregungen chemische Umwandlungen von Opsin ableiten. Die chemische Reaktion des Opsins bringt Neuronen zum Feuern. Diese Aktionspotenziale pflan-

zen sich ins Hirn fort, wo sie mehrere stark miteinander vernetzte Areale erregen. Wir sehen. Aber wir sehen nicht etwa Licht, sondern die Vernichtung von Licht infolge der photochemischen Prozesse, die unsere Sehzellen beim Erlegen der Photonen erleiden. Oder feiern. Schlachtfest. Licht, das du zu sehen glaubst, wurde von deiner Retina geschlachtet und du spürst deine Rezeptoren im Blut der gemeuchelten Lichtteilchen waten. Um etwas zu sehen, musst du das Licht vernichten, das von ihm in dein Auge fällt. Sensoren sind Fallen. Was sie registrieren ist weg. Was du riechst, sind Moleküle, die an deiner Schleimhaut kleben bleiben und aus dem Verkehr gezogen sind. Schall, der dein Trommelfell wackeln lässt, schwächt sich um diesen Anteil ab.

Obwohl ich meinen Schein für die Vorlesung in Quantenmechanik von Professor Hans-Peter Dürr nicht geschafft habe, denke ich an manche seiner Auftritte im Hörsaal gerne und bereichere. Die Vorlesung war regelmäßig überfüllt. Wer einen Sitzplatz im Hörsaal 51 ergattern wollte, musste früh kommen und entsprechend lange warten, bis der Professor erschien. Sehr selten kam er gar nicht und einer der Assistenten übernahm; manchmal kam der Professor einfach ein paar Minuten zu spät. Oft kam er frisch abgehetzt vom Flughafen, er hatte damals gerade ziemlich viel auswärts zu tun. Das SDI-Programm seines [Doktorvaters](#) führte ihn immer wieder zu Protestaktionen nach Amerika, nach Bonn oder an Universitäten, deren Physik-Sektionen er gegen diesen Schwachsinn immunisieren wollte. Ich habe als Repräsentant der Gedankengebäude des Professors Hans-Peter Dürr sein Gespräch in BR α ausgesucht, weil diese Aufzeichnung eine gelungene Mischung aus Licht und Schatten seiner Ideen zum Vorschein bringt. Die Übung zur theoretischen Quantenmechanik, an die ich mich am besten erinnere, wurde von einem Assistenten geleitet, der mich in mehrfacher Hinsicht faszinierte. Wenn du den Clip mit Hans-Peter Dürr angeschaut hast, spürst du sicher eine treibende Unruhe, die von dem Mann ausgeht. Sein Gastgeber schaut im Gegensatz zum Professor eigentümlich arrogant drein. Als Jochen Kölsch seinen Gast Hans-Peter Dürr direkt mit dem 'Vorwurf' konfrontiert: „Aber das ist sozusagen ... mir kommt 's dann fast schon sehr religiös-philosophisch oder esoterisch vor, wenn sie diese Grundverbindung, dass alles Eins ist und sich sowieso ... miteinander verbunden ist, wie kommt der strenge Naturwissenschaftler, der mit Edward Teller, dem Erfinder der Wasserstoffbombe, gearbeitet hat, dort promoviert hat, wie kommt der Physiker zu diesem, für mich zumindest, scheinbar ganz weiten Weg hin zu einer ganzheitlichen

Welt, die auch die Gefühle und alles umfasst?“ Ab da müsste eigentlich was Sensationelles passieren, aber das [Potenzial der Episode](#) verraucht ins Nirwana. Hans-Peter Dürr verweigert dazu die Aussage, indem er argumentiert, darüber in der unzureichenden Sprache reden zu wollen würde die Schönheit des Bildes zerstören. Die Welt ist komplexer und größer als wir sie gebührend beschreiben könnten, aber wir spüren trotzdem, als Teile des Ganzen, worum es geht. Als rechtfertigende Metapher für seine Flucht vor der Offenbarung nennt er ein schönes Gemälde. Wenn ich diese Metapher dem Werk Peter Greenaways „The Nightwatching – Geheimnisse eines Gemäldes“ gegenüberstelle (vorangehender Kommentar), platze ich fast. Ich mag den Dürr nämlich sehr. Er hat eine unkonventionelle, hochwertige Vorlesung gehalten und er hat tatsächlich gelehrt. Im Hörsaal waren deutlich mehr Studenten als in den Übungen. Das heißt, er hatte einen großen Anteil Hörer im Auditorium, die genau und explizit seine Sicht der Quantenmechanik kennenlernen wollten, ohne den Nachweis zu brauchen, erfolgreich die Methoden auch anwenden zu können, die er lehrte. Hans-Peter Dürr war für die coolen Kommilitonen eine Art Star. Da gingen die Pazifisten hin, die Amigegner, die Nachgeburt der Hippie-Ära und eben auch die esoterisch angehauchten Gutmenschen, die damals noch den Geist den Manitu im linken Spektrum der Politszene wähten. Dann schritt Hans-Peter Dürr flott die Treppe hinunter zur Tafel und machte knallharte Quantenmechanik. Ich erinnere mich noch an meine Verblüffung, als er im Gedankenexperiment einen Doppelspalt statt mit Elektronen mit Gewehrkugeln beschoss und das gleiche Beugungsbild erhalten wollte, das uns die verwirrende Doppelnatur als Welle-Teilchen-Dualismus beschert. Außerdem erinnere ich mich an eine Szene, in der er anscheinend einen gewissen Teil der Hörerschaft zu provozieren gedachte: es sei ein schrecklicher Irrtum, gegen die friedliche Nutzung der Kernkraft zu protestieren. Kernkraft sei unsere einzige Chance, von der zerstörerischen Nutzung der Kohle wegzukommen. Er hat breit erläutert, wie gut wir die Technologie beherrschen und wie klein die Risiken gegenüber den Schäden durch exzessive Nutzung fossiler Brennstoffe gehalten werden können. Das war eine unerwartete Einlassung nach Tschernobyl. Im Hörsaal vor Physikstudenten warb er für die friedliche Nutzung der Kernenergie, weil die gutmütigen Alternativen den Bedarf nicht decken. Hans-Peter Dürr, diese Lichtgestalt der alternativen Szene ... Direktor des Max-Planck Institutes ... Nachfolger Werner Heisenbergs ... ich mochte ihn sehr.

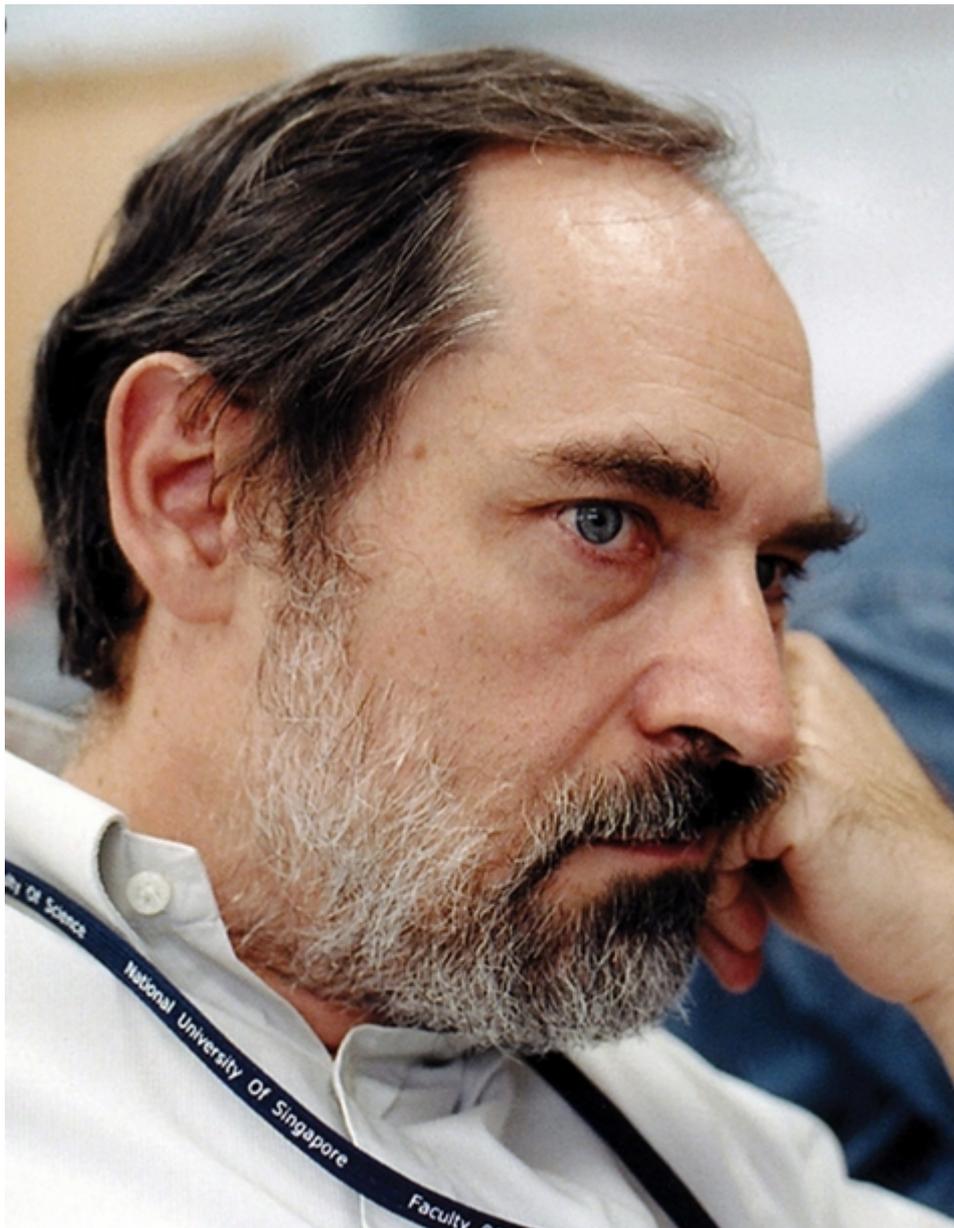
Ganz gegensätzlich dazu lief die Übung zur Quantenmechanik. Einmal wöchentlich je zwei Stunden in einem ruhigen, kleinen Seminarraum mit wenigen Kommilitonen – vielleicht zwanzig, höchstens dreißig, bei Doktor Englert. Der Assistent arbeitete selbst gerade an seiner Habilitation, wirkte in seiner provokanten Gelassenheit oft geradezu desinteressiert, gelangweilt und schier genervt, als hätte er sich sediert, um die Qual der aus ihm erpressten Lehrverpflichtung im Kreise dummer Anfänger zu überleben. Er saß fast immer auf seinem Stuhl hinter dem Pult. Es war in dieser Hinsicht wie Schule. Ich erinnere mich kaum, ihn je gehen gesehen zu haben, außer von der Tür zum Pult. Ich sehe ihn in Filzpantoffeln und mit einer Wolljacke des Typs Kachelofen schlurfen, schwer, gebeugt, müde. Diesen Kerl habe ich bewundert, gefürchtet und ich hatte ein schlechtes Gewissen, ihm die Zeit zu stehlen. Er sprach mit einem Akzent, nuschelnd. Ich weiß nicht, welche Muttersprache ihm diesen eigentümlichen Akzent eingetragen hatte. Ich tippte damals auf etwas Osteuropäisches. Ich spürte schmerzhaft, wie ungeheuer konzentriert dieser Kerl war, ohne es sich im Geringsten anmerken zu lassen. Ich fühlte ihn all die schwierige Mathematik denken, wie 'normale' Menschen den Grundwortschatz ihrer Muttersprache denken. Er litt. Er litt an der Idiotie der Welt, an der Ignoranz oder an Schmerzen, ich weiß es nicht und ich spekulierte auch niemals, ob es vielleicht nur Liebeskummer sei. Insgeheim litt ich mit. Zugleich fühlte ich mich verantwortlich für seinen Schmerz. Er gehörte zu den arrogantesten Typen, die ich je getroffen habe. Niemand, den ich kenne, hat je ein annähernd so großes Naturrecht auf Arroganz wie Berthold-Georg Englert ausgestrahlt. Er ist vielleicht der klügste Mensch, mit dem ich in meinem Leben zu tun hatte, das kann ich nicht beurteilen. Ich kann nicht mit meinem Hirn ermessen, wie Seins tickt, klar. Bertold-Georg Englert hatte die traurigsten Augen, die ich bisher kennenlernen durfte. Hatte er Mitleid mit uns? Litt er überhaupt? Berthold-Georg Englerts Nähe erschütterte meine trägen Nerven und ich verstand die Brownsche Bewegung. Mein Verstand versank in Random-Walk unter dem Bombardement seiner Dunklen Masse. Da war kein Genie sichtbar, kein Held des Geistes offenbarte sich und doch war er unvollkommen in seiner Tarnung, denn Bertold-Georg Englert ließ alle Quantenfelder symphonisch beben mit jedem heimlichen Gedanken in seinem außerordentlichen Gehirn hinter den traurigsten Augen der Welt. Das Phlegma, das er zur Schau trug, war nur der Kernschatten seiner geistigen Agilität, er brachte mich zum Rasen!

„Es gibt die Meinung, der Stoff müsse in verdaulichen Portionen beigebracht werden. Das erfordere, die Dinge erst einmal einfacher zu erklären als sie sind. Ich sehe es anders. Ich würde lieber alles gleich richtig machen von Anfang an.“ Das hat er einmal gesagt. Das habe ich mir gemerkt. Worum es aber ging, das ist mir entfallen. „Was, sie kennen nicht die Länge eines Jahres in Sekunden? π mal 10 hoch 7. Die Näherung ist besser als 1% daneben. Kreiszahl, Stufenzahl, Heilige Zahl. Das muss man doch als Physiker wissen!“ Von ihm habe ich das. Ich werde es nie mehr vergessen. „Egal, wie viel sie geleistet haben und wie genial ihre Erkenntnisse waren, wenn sie alt werden scheinen sie alle über kurz oder lang Philosophen zu werden. Vielleicht nur, damit sie überhaupt noch was sagen können, obwohl ihre Denkfähigkeit sie schon verlassen hat.“ Wenn ich morgen in meinem Briefkasten einen Gutschein finde: „Wählen sie eine Person aus, mit der sie an der Universität zu tun hatten, egal, ob sie inzwischen gestorben ist oder nicht. Senden sie uns den Gutschein zurück, nachdem sie den Namen der Person und die Art ihrer Beziehung darauf notiert haben. Wir organisieren einen Nachmittag, an dem sie diese Person in einem netten Café treffen werden, um sich mit ihr zu unterhalten.“ Ich würde Bertold-Georg Englert drauf schreiben. Ich wüsste gerne, ob er mich diese Furcht wieder spüren lässt und würde gerne ergründen, ob es Ehrfurcht ist oder die nackte Angst, meine Winzigkeit zu spüren gegenüber jemandem, der so wenig Aufhebens um sich macht bei all der erschütternden Überlegenheit seines Geistes, was ich freilich nicht beurteilen kann, sondern bloß spüre.

Was hat Bertold_Georg Englert denn so gemacht, seit ich in seiner Übung durch gerasselt bin? Er hat [heilige Kühe](#) gemolken. Das Doppelspalt-Experiment rechnet der Gymnasiast schon für 's Abitur durch. Aber nicht in seiner vollen Ausprägung. Mit dem Doppelspalt wurde Isaac Newton, der Licht als Teilchenstrom propagierte, posthum widerlegt. Sein Widersacher Christiaan Huygens hatte ja die Wellennatur des Lichts vorhergesagt und eben diese wird durch den Versuch von Thomas Young 1802 exorbitant eindrucksvoll bestätigt. Ein Beispiel, wie die Ergebnisse heute vermittelt werden, stammt von „[ENTROPY](#)“. Ganz gut als Basis, worum es geht. Und auch gleich einen Repräsentanten genau derjenigen Checker, die es wirklich geschnallt haben, wie es wirklich, wirklich ist und die deshalb auch wissen, dass uns die Physiker mit ihrem Doppelspalt nur verarschen: [Fragt thorsten!](#)

„Nicht umsonst, nicht umsonst ... ähm ... Heisenberg-Planck, Blablabla.“ Ja, das kann sich jemand dann fünf Minuten anhören und schon weiß er was. Alles nur Statistik. Und was heißt das jetzt, Schlauberger? Schlauberger? Moment ... Nun, [thorsten](#) mag Viktor Schauberger und hat aufgedeckt, dass „Corona“ ein [über-nationaler, sozialistischer Staatsstreich](#) ist. Wegen solcher – und im Innersten werden sie über kurz oder lang alle so – hätte ich mir gewünscht, dass Hans-Peter Dürr eine deutliche Grenze gezogen hätte, wo es einfach aufhört, dieses Verständnis aller von und mit allen und allem.

Willst du Berthold-Georg Englert sehen? So habe ich ihn in Erinnerung:



Er hat eine beeindruckende Liste an [wissenschaftlichen Veröffentlichungen](#).

Ich greife mal eine aus der Mitte heraus:

137. C. Miniatura, C. A. Müller, Y. Lu, G. Wang, and BGE
Path distinguishability in double scattering of light by atoms

eprint arXiv:0704.1896 [quant-ph]Physical Review A76, art. 022101 (2007) [4 pages].

Auch wundervoll: seine Ankündigung seines Vortrags zum [FOT08](#)

Berthold-Georg Englert

Department of Physics, National University of Singapore
phyebg@nus.edu.sg

Talk: Wednesday 09:45 – 10:30

No Mist in Copenhagen

I will argue that there are no problems with standard quantum mechanics. In particular, the so-called measurement problem is nothing to worry about, and there is nothing paradoxical about Schrödinger's poor cat.

Während also thorsten ganz genau weiß, dass unsere Welt nur ein billiger Schwindel ist, weil er das Doppelspaltexperiment studiert hat und erkennen musste, dass daraus hieb- und stichfest folgt, es könne weder Materie geben noch Wellen, Kausalität ([choice – consequence](#) - choice – consequence - choice – consequence - ... Konsequenz wovon, wenn es keine Kausalität gibt?), Wechselwirkung oder Energie, weil das Universum nichts anderes ist als Information, setzt sich BGE jeden Tag hin und untersucht die Dinge, die wir noch nicht verstehen, um uns zu schreiben, was er herausgefunden hat.

David Tong stellt sein Modell der Wirklichkeit vor: eine von Quantenfeldern erfüllte Raumzeit. Die Quantenfelder wechselwirken miteinander, daraus ergeben sich Kräuselungen, die wir als Manifestation erleben. An dieser Stelle sieht es fast so aus, also lösten die Quantenfelder die Frage nach der Beschaffenheit von allem. Das wusste Hans-Peter Dürr aber genauso gut wie David Tong. Da müssen wir jetzt unsere Position selbst finden. Oder wir bleiben unentschieden. Das ist die Position von [Richard Feynman](#): keine Position einzunehmen, sondern eben mit dem zu arbeiten, was da ist und sich dabei die Neugier erhalten, offen bleiben für Überraschungen sowie vor allem keine Angst zu haben, etwas nicht zu können, zu verstehen oder zu wissen. Das ist spannend: Hans-Peter Dürr stellt ja die These auf, wir könnten miteinander nur kommunizieren, weil jeder Anschluss habe an das große Ganze im Hintergrund, aus dem die zu Realität geronnenen Teile der Wirklichkeit nur unbedeutende Hilfsmittel fürs Überleben seien. Damit stellt sich mir die Frage:

wenn er das so genau weiß und über das, was er da weiß zugleich sagt, es sei nicht mitteilbar, jedoch vermittle es sich jedem Individuum auf geheimnisvolle Weise permanent, so dass das gegenseitige Verständnis erst durch diese Kanäle der Beziehungen und der Verbundenheit zu Stande käme, wie kann es dann erklärt werden, dass wir in unserer Entwicklungsgeschichte eine unbrauchbare Sprache für Totes entwickelt haben und keinerlei Ausdrucksformen für das tiefere, uns alle verbindende Geheimnis? Mit Aussagen solcher Schwammigkeit rutschen wir genau diese Klippe hinunter, von der Feynman sagt, das sei charakteristisch für Religionen. Für Religion ist es ein charakteristisches Merkmal, dass sie ihre Dogmen für absolut wahr und richtig erklärt. Würde eine Religion das nicht tun, könnte es in ihr keine Priester, Patriarchen, Lamas, Bischöfe und Druiden geben. Religion ist so irrational, dass sie Dogmen braucht und diese Dogmen sind so grausam fordernd von den Gläubigen, dass sie für von höheren Mächten legitimiert erklärt werden müssen. Davon macht sich der Wissenschaftler frei. Er darf sich irren. Er beansprucht keine Wahrheit. Er weiß sogar, dass er die Wahrheit nicht kennt. Aber er kann sich ihr auf die bestmögliche Art weitestgehend nähern, indem er offen bleibt für Überraschungen und Rückschläge. Da wird der Vergleich zu Dürr ziemlich schwierig. Vieles klingt ähnlich und manches gegensätzlich. Also noch einmal zurück zum BR α Gespräch mit Dürr. Er faselt da sehr widersprüchlich herum, ohne konkret zu werden. Konkret wäre ja geronnen, fest, tot. Billig. So kenne ich ihn gar nicht. Im Hörsaal damals war er piffig. Da hat er zwar auch schon spekulative Fragen gestellt, sehr erfrischend und aufrüttelnd, wie ich empfand, aber Berthold-Georg Englert muss wohl damals schon erkannt haben, dass es die Kante hinunter gehen wird, von der Feynman sprach. An dieser Stelle sehe ich einen starken Bezug zum Experiment des Petter Johanssons aus dem vorhergehenden Kommentar. Als Achtzigjähriger erklärt Dürr in voller Überzeugung, dass er schon immer gegen jede Nutzung der Kernenergie war. Er begründet es rational nachvollziehbar und plausibel. Nicht etwa wegen der Pannen, die passieren können bei Fehlfunktionen rät er von der Nutzung ab, sondern wegen des Potenzials, Kernwaffen aus dem Abfall herzustellen. Freilich kann ich mich irren und er hat damals gar nicht für die Nutzung der Kernenergie geworben im Hörsaal, um die Erde vor dem giftigen Abgas der Kohlekraftwerke zu schützen. Ich bin mir weitgehend sicher, aber ich habe mich schon einige Male bei so was geirrt und Leute verwechselt. Es erscheint mir sehr viel wahrscheinlicher, dass sich Dürr irrt, wenn er denkt, er sei *schon immer*

Gegner der Kernenergie-Nutzung gewesen. Das wäre dann so ein Fall, in dem er sich eine Einsicht, die er erst später gewann, vordatiert. Und ich glaube, das ist genau die Erklärung, wie es zu dem Phänomen der blinden Wahl kommt. Wesentlich scheint mir der Aspekt, dass sich unser Gehirn mit seinen Assoziationen vor allem als stabiler Anker auf der Lebensreise behaupten will. Die Unsicherheiten des Lebendigen, über die Dürr so herzhafte fabuliert, ängstigen ihn in Wirklichkeit. Jochen Kölsch fragt ihn weiter vorne nach dem Aha-Erlebnis, das ihn vom Positivismus seiner Jugend auf die neue Einsicht, die er hier präsentiert, umschwenken ließ. Hans-Peter Dürr widerspricht energisch: nein, er habe das schon immer so gesehen. Das liest sich aber in seinem Buch vermutlich anders, sonst hätte der Gastgeber kaum diese Frage vorbereitet. Auch das weiß ich nicht. Aber nehmen wir es mal an. Es würde sich ja gut fügen. Dann wäre es auch wieder ein nach vorne (in die Vorvergangenheit) sortieren des Ereignisses. Ich denke, dass es diesen Aspekt noch braucht, um die Ergebnisse Petter Johanssons konsistent zu kriegen. Der Testling begründet zunächst gar nicht seine Wahl, sondern warum er sich über das Geschenk freut. Er bekommt das Foto gereicht. Das symbolisiert einen Ritus des Schenkens. Er lobt das Geschenk. Das ist ein Ritus der höflichen Dankbarkeit. Für diese Erklärung passt alles, das ich zu diesem Thema vorhin geschrieben hatte, mindestens gleich gut, als hätte er seine irrig vermeintliche Wahl begründet. Er lobt die Gabe. Der Mechanismus, dass sich das Gehirn als stabiles, wenig veränderliches Ego wahrnimmt, ist bekannt. Daraus folgt fast zwanghaft, dass das spontane Lob für die Gabe im Kontext, sie als selbst getätigte Auswahl einzusortieren, vordatiert werden muss.

Ich denke jetzt aber, dass Hans-Peter Dürr als Achtzigjähriger Gast des BR diesen leichtfüßigen Grund nicht hatte. Sondern vermutlich machte ihm die nachlassende Geisteskraft einerseits Angst, andererseits genoss er seinen Zustand der überlegenen Gelassenheit, die Freude über den schönen Götterfunken zu fühlen und von der Lehrpflicht entbunden ihn nicht erklären zu müssen. Wer es spürt, der versteht es eh, aber niemand kann es verstehen, also kann es auch niemand lehren. Wenn du es nicht verstehst, hast du es schon verstanden, weil der Witz ja eben ist, dass niemand es verstehen kann. Nicht verstanden hättest du es, wenn du dächtest, es zu verstehen, aber da du es nicht verstehst, hast du es. Bizarr katholisches Argument!

Um diesen schwierigen Punkt des Clips zu untersuchen, ist vielleicht hilfreich, den TED-Vortrag von [Jill Bolte Taylor](#) zu referenzieren. Sie arbeitet von Jugend an in der Psychologie und promovierte in Neurowissenschaften, spezialisiert auf die Anatomie des Gehirns. Sie berichtet von ihren Wahrnehmungen zwischen einem Schlaganfall und dem Eintreffen des Rettungswagens. Genauer: ihr war eine Ader im Hirn geplatzt. Ihre Behauptungen über ihr Wissen zur Arbeitsweise und Arbeitsteilung der beiden Hälften des Gehirns verblüffen mich. Das rechte Hirn arbeite parallel, das linke aber seriell. Echt? Sie sollte es wissen. Trotzdem glaube ich ihr nicht. Nicht in dieser Absolutheit und Überzeugung. Ich kenne Vorträge, die ihre Darstellung zu widerlegen scheinen. Ich habe Arbeiten gelesen, nach denen die Unterschiede zwischen linkem und rechtem Hirn mythologisch übersteigerte Märchen seien. Die Wirklichkeit wird es mit einer Mischung zu tun haben, die von Individuum zu Individuum variiert, denn ein entscheidendes Merkmal des Gehirns ist die Plastizität, dass es also Struktur bildet beim Denken, und zwar die Struktur, die denkt. Henne und Ei. Selbstähnlichkeit. Ich bleibe skeptisch und muss mich damit noch anderswo intensiver bilden. Aber davon abgesehen: was sie als ihre persönlichen Erfahrungen mit dem Defekt erzählt ist durchaus instruktiv und als subjektiver Erfahrungsbericht ergiebig. Ich nehme ihr nur ihre Deutungen nicht ab. Wie die beiden Gehirnhälften switchen. Wie sie ein paar Minuten die fühlende Glückliche ihres rechten Hirns ist und dann wieder Minuten lang die panische Rationale ihrer linken Hälfte respektive Persönlichkeit. Das hatte sie sich vorher zwanzig Jahre lang in ihrer täglichen Arbeit genau so eingeredet und damit ihr Gedankenschema architektonisch darauf festgelegt, es bei Bedarf abzurufen. Ich könnte auch eine ganz andere Interpretation zu ihrer Heuristik des Strokes konstruieren. Aber das ist nicht der Ort dafür. Hier interessiert mich eher, wie sich ein achtzigjähriger Physiker von der Klasse des Hans-Peter Dürr wohl fühlt, wenn er all das Zeug über die Quantenmechanik nicht mehr so auf die Reihe kriegt, wie er es ein Arbeitsleben lang probiert hatte. Wie Jill? Stroke?

Die Faszination liegt für mich eher auf Berthold-Georg Englert. Er hält vor einer Handvoll erlesener Leute einen Vortrag über den Unsinn, den seine Kollegen auf der ganzen Welt in ihre Publikationen rotzen: Kollaps der Wellenfunktion, Nichtlokalität, spukhafte Fernwirkung, Schrödingers Katze – das Messproblem, solches Zeug. Da steht er dann und sagt: alles kein Problem, wenn man sauber arbeitet. Die geheimnisvollen Effekte werden der Quanten-

mechanik zugeschrieben, das ist falsch. In Wirklichkeit sind diese Effekte nur Effekte der Statistik, die zur Beschreibung der Quantensysteme verwendet werden. Die Beschreibung kollabiert. Und einige der Anwesenden halten an der lieb gewonnenen Sensation fest. Berthold-Georg Englert platzt beinahe. Ich sitze wie gebannt da und fühle mich wieder wie der Student, der den Schein haben will und keine Chance sieht, weil er zu blöd ist. Aber die Leute, die da im Zimmer sitzen und Berthold-Georgs Präsentation folgen, kriegen auch keinen Schein. Schu dir an, wie er gegen seine Wut ankämpft. Er hat alles verstanden, er sieht es und er teilt es mit – aber die können es nicht sehen! Was soll die Superposition einer lebenden und einer toten Katze phänomenologisch darstellen? Bullshit! Sagt Berthold-Georg Englert. Er leidet, wie blöd die Kollegen sind, die hundert Jahre lang nicht aufhören können, diesen von den Quanten ohne jede Relevanz in die Makrowelt hoch-phantasierten Quark über die Welt zu blasen. Er leidet schwer. Ich bin wieder ganz bei ihm. Wenn du das wundervoll elitäre Video nicht angeschaut hast, dann gönne dir wenigstens den kurzen Ausschnitt, in dem er vormacht, wie der [Kollaps der Wellenfunktion](#) auch bezogen auf seine Geldbörse herauskommt. Seine Frau gibt ihm jeden Morgen Geld mit, aber niemand weiß, ob es 2 Dollar sind oder 10. Statistik der Wahrscheinlichkeit für jeden potenziellen Messwert: $\frac{1}{2}$ für 2\$, $\frac{1}{2}$ für 10\$ und 0 für alle anderen Werte. Jetzt beobachtet ihn jemand, wie er sich für 3\$ einen Kaffee kauft. Das ist die Messung. Im gleichen Augenblick kollabiert die Statistik, weil jetzt neue Daten da sind. Alle Werte haben Wahrscheinlichkeit 0 außer 7\$ mit 1, sicheres Ereignis, weil es ja gemessen wurde.

Den Kerl vorne rechts kennt man auch. Der immer so grinst. Das ist David Deutsch. Über dessen Vorstellungen habe ich mich schon despektierlich geäußert. David Deutsch vertritt die Ansicht, dass Interferenz-Phänomene durch wechselwirkende Paralleluniversen zustande kämen. Außerdem ist er ein wichtiger Pionier der Quantencomputer. Darüber weiß ich zu wenig, um mein Maul aufzureißen. Dann hat er noch eine positiv-utopische Meinung zum technologischen Fortschritt der Menschheit, nach der unsere Spezies Hunderte an Jahrtausenden verschlafen habe, das Potenzial des Gehirns ordentlich oder angemessen zu nutzen, während dann in den letzten zwei- bis dreihundert Jahren der Knopf aufgegangen sei. Das passt mir zu sehr in den selbst-beweihrauchenden Mainstream, unsere Zustandssumme gegen die Unbekannten der Vergangenheit zu messen und als Krönung zu prämiieren. Ja, die Menschen haben erstaunliche Wissensgebäude hervorgebracht

seit der französischen Revolution. Die Menschen? Wie viele Menschen nehmen Anteil an dem Schatz? Kannst du ein Mobiltelefon erklären oder nutzt du es nur passiv? Verstehst du, was die [Englert-Greenberger-Relation](#) zum Ausdruck bringt und welche Wirkmächtigkeit sie entfaltet? Nein?

Dazu kurz: zwei Absätze vor dem Foto meines Übungsleiters zur T2 Übung habe ich oben Thomas Young und sein berühmtes Experiment zum Doppelspalt erwähnt. Nachdem dieses Experiment die Frage entschieden hatte, ob Licht ein Teilchenstrom oder eine Welle sei, fragten sich die Physiker sechzig Jahre lang vor Neugier platzend, welche Art von Welle wohl in Frage käme. Die erste funktionierende Hypothese stellte Michael Faraday dazu auf: es könnte eine Welle im Wechselfeld aus magnetischen und elektrischen Phänomenen sein. James Clerk Maxwell studierte die Laboraufzeichnungen des genialen, aber mathematisch völlig ungebildeten Michael Faraday. Er führte den prosaisch formulierten Klartext dieser Laborbücher in die Sprache der Mathematik über, entdeckte dabei eine kleine, aber wesentliche Unstimmigkeit, korrigierte sie durch Einführung des Verschiebungsstroms und erhielt aus den unsäglich schwierig zu lesenden, umfangreichen Beschreibungen der Experimente Faradays ein System aus zwanzig kurzen, prägnanten Gleichungen. Die Essenz dieser zwanzig Gleichungen lässt sich mit modernen Operatoren zu einem System aus nur vier Gleichungen formal verdichten. Aber das ist nur ein ästhetischer Aspekt, den wir nutzen, ohne ihm Evidenz zuzuordnen. Maxwell erkannte, dass eine bestimmte Kombination der Gleichungen – heute sagen wir: jenen mit den Operatoren für Rotation und Divergenz - eine neue Gleichung ergibt, deren Form eine Wellengleichung ist. Damit verdichtete sich die Hypothese Faradays, Licht könnte eine elektromagnetische Welle sein. Heinrich Hertz gelang es als erstem Physiker, die experimentelle Bestätigung dieser Hypothese zu liefern, indem er einen Funken-Sender baute und eine Antenne nutzte, die Wellen auffing, die vom Sender abgestrahlt wurden. Zwischen dem Doppelspalt-Versuch von Thomas Young 1802 und der Theorie der Maxwellschen Elektrodynamik 1864 lagen über sechzig Jahre! Bis zum Nachweis der elektromagnetischen Wellen durch Heinrich Hertz 1888 dauerte es fast ein Jahrhundert von der Erkenntnis der Wellennatur des Lichts bis zur Aufdeckung der elektromagnetischen Natur dieser Wellen. Dann explodierte der Fortschritt förmlich. Max Planck fand 1900 die Formel für die spektrale Ausstrahlung eines Hohlraums in Abhängigkeit von dessen Temperatur. 1905 erklärte Albert Einstein den Photoeffekt zum Quantenphänomen. Damit

verschaffte er Isaac Newton Genugtuung, denn plötzlich galt dessen Hypothese, Licht sei ein Teilchenstrom, nun doch, obwohl auch Christiaan Huygens Theorie mit dem Young-Experiment zweifelsfrei korrekt blieb.

Was jetzt? Das ist ein Wunder! Jesus! Licht ist göttlich. Zuerst dachten wir, wir hätten es verstanden. Licht ist eine TEM-Welle. Dann konnte das Analysis-Modell der TEM-Welle keine auch nur halbwegs korrekten Raten vorhersagen für die Auslösung von Elektronen aus einem Alkalimetall durch Licht. Aber im Teilchenmodell gelingt es Einstein, korrekte Vorhersagen zu gewinnen. Bloß haben wir jetzt Licht, das sowohl Welle ist als auch Teilchenstrom. Das widerspricht jeder Intuition und ist unvereinbar mit der Trennung der beiden Phänomene Materie und Feld. Die Menschheit gerät in Aufruhr, beschließt eine Konvention: Welle-Teilchen Dualismus und gerät in Verzückung darüber. Es hat wieder hundert Jahre gedauert, bis jemand konsequent auf dem Boden der Tatsachen ausgerechnet hat, wie dieser Welle-Teilchen Dualismus in den Rechenmodellen zu begreifen ist. Konsequent.

Und da kollidieren jetzt die Welten von meinem Professor Hans-Peter und seinem Übungsleiter Berthold-Georg. Hans-Peter sagt: weder Materie noch Felder sind wirklich; wir brauchen eine neue Physik. Berthold-Georg sagt, frei nach Georg Christoph Lichtenberg: wenn eine neue Erkenntnis nicht zu einer bewährten Theorie passt, soll man das ansonsten tragende Gebäude nicht gleich verwerfen, sondern die neue Erkenntnis daneben stellen und suchen, was es da noch alles zu finden gibt; vielleicht lässt sich das Haus reparieren, damit das Neue doch hinein passt? Oder man findet genügend Neues, um daraus das Bessere tauglich zu konstruieren.

Während also die Physiker und in ihrer Bugwelle durch deren Peinlichkeiten schwankende Fragt-thorsten-Kandidaten aus dem Staunen über die Quantenmechanik nicht heraus kommen, rechnet Berthold-Georg Englert aus, wie viel vom Streifenmuster des Interferenzbildes in Abhängigkeit vom Wissen darüber, durch welchen der beiden Schlitze des Doppelspalts das Photon geflogen ist, noch übrig bzw. sichtbar bleibt. Klassische Erklärung ist: wenn ich nichts über den Weg weiß, nimmt das Photon beide Wege und ich sehe das Interferenzmuster; wenn ich messe, welchen Weg es nimmt, nimmt es nur diesen gemessenen Weg und ich sehe ein Abbild des Doppelspalts.

Das ist die falsche Erklärung, weil sie eine unzulängliche Interpretation einschleicht: 'nimmt es beide Wege' ist Spekulation. Außerdem berücksichtigt diese Erklärung nicht, wie sich der Unterschied zwischen 'den Weg wissen' und 'den Weg nicht wissen' auf meine Statistik auswirkt, also meine Rechenmethode für die Repräsentation der Daten unter der Annahme, ich würde Korpuskel auf den Doppelspalt. Berthold-Georg Englert löst das Experiment nicht mit dem binären Bitwert „ON“ oder „OFF“ für das Wissen über den Weg auf, sondern kontinuierlich. Die Kenntnis über den Weg ist ein Wert irgendwo zwischen 'keinerlei = 0“ und „vollständig = 1“.

Diese Rechnung kann jemand als trivial abtun oder er kann wieder ein großes Wunder draus machen: siehe! Je genauer du den Photonen auf die Finger schaust, desto weniger rätselhaft – meint: interferierend - verhalten sie sich. Aber das ist Quark. Denn für diese Rechnung musst du keine Quanten unterstellen. Die Rechnung sagt 'nur', was mit dem Ergebnis passiert, wenn du in deiner hier angemessenen, doppelten Buchführung mischst. Denn das ist Fakt: du hast eine Buchführung für das Doppelspaltexperiment und du hast eine davon getrennte Buchführung für das Einfachspaltexperiment. De Facto ist das im Experiment zusätzlich erhobene Messdatum für den passierten Schlitz ein Trigger, das Ereignis der folgenden Detektion als Posten in deiner „Ein-Schlitz-Statistik“ (E) zu buchen. Jeden Schuss, dem du nicht auf die Finger schaust, buchst du in deiner „Doppelspalt-Statistik“ (D). Du legst die beiden Folien mit den Ergebnissen für E und den Ergebnissen für D übereinander und siehst die Mischung aus den beiden. Die Englert-Greenberger-Relation zeigt also, wie sich aus den beiden unterschiedlichen Statistiken das gemischte Detektionsbild synthetisiert, ohne dabei die Tatsache zu verwischen, dass zwei unterschiedliche Experimente vermengt werden, nämlich ein Doppelspaltexperiment und ein Einfachspaltexperiment.

Die Relation erklärt nicht, wie die Interferenz von Photonen zu erklären ist. Aber sie sagt uns, dass es außer diesem erstaunlichen Phänomen kein Geheimnis gibt, über das wir staunen müssten. So kann ich es mir vorstellen. Ich bin halt nur ein Laie. Aber ich bin vertraut mit den Konstruktionen des Christiaan Huygens. Ich bin über die Übertragung dieses Konzepts auf Quantenteilchen in Übereinstimmung mit Experimenten durch Louis de Broglie ausgebildet worden und erkenne die wissenschaftliche Evidenz.

Offen bleibt die Frage, was ein Korpuskel denn nun 'genau' sei, wenn es sich wie eine Welle verhalten kann oder auch nicht, je nachdem, in welches Experiment ich es stopfe. Beruhigend wirkt an dieser aufwühlenden Stelle des Grübelns über den Bau der Welt, dass die Physik fragt, *wie* sich die Dinge zueinander verhalten. Um dieses 'Wie' zu beschreiben, also mitzuteilen, nutze ich ein mathematisches System. Einleuchtend ist zum Beispiel das mathematische System, das eine ungeheure Menge von Teilchen in einem heißen Gas beschreibt. Die Statistik der Wärme, die den Gasmolekülen als Gesamtheit eine makroskopische Größe Temperatur zuordnet, die mit der statistischen Verteilung ihrer individuellen Bewegungsgrößen (Impulsen) verknüpft ist, leuchtet ein. Aber da ist schon auch eine gewisse Abstraktion notwendig, um das Kalkül geschmeidig zu empfinden. Nicht nur wegen des berühmten Maxwell-Schwanzes. Insgesamt komme ich mit der Thermodynamik anschaulich noch recht brauchbar über die Runden. Aber sehen kann ich die durcheinander wirbelnden Moleküle genauso wenig wie Quanten. Also: was hindert mich, das beobachtbare Faktum anzunehmen, dass sich Quantenteilchen eben wie Wellen verhalten können, wenn ich ihnen dafür das zugeschnittene Experiment präpariere?

Die Sperre im Kopf ist, dass meistens so getan wird, als sei dieser Wellencharakter irgendwie durch die Schrödinger-Gleichung dargestellt. Und das ist wohl hinderlich. Denn damit mache ich aus der Schrödinger-Gleichung ein reales Objekt. Das ist definitiv falsch. Die Schrödinger-Gleichung ist ein äquivalenter Formalismus zur Matrizenmechanik und keine Beschreibung des Quantenteilchens, sondern eine Statistik über die Wahrscheinlichkeit des Objekts, gewisse Eigenschaften zu haben oder nicht zu haben. Wäre die Schrödinger-Gleichung ein physikalisches Objekt, dann gäbe es eine Transformation der Schrödinger-Gleichung des Photons in die Wellengleichung, die sich aus den Maxwell-Gleichungen ergibt. Gäbe es eine derartige Transformation, dann würde die klassische Elektrodynamik dasselbe leisten können wie die Quantenelektrodynamik. Aber die Wellengleichung des Lichts kann den Photoeffekt eben gerade nicht erklären, während die Einsteinsche Photon-Interpretation der Planckschen Energiepakete ihn hervorragend instruktiv beschreiben kann. Es kann also zwischen den beiden Wellengleichungen schon aus dieser Betrachtung heraus keine Transformation geben. Das heißt: die Interferenz von de-Broglie-Wellen geht letztlich auf die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation zurück, die Ursache dafür ist, dass sich die Aufenthalts-

wahrscheinlichkeiten von Quantenteilchen in der Wellengleichung ausdrücken lassen, die Schrödinger gefunden hat und die später auch mit relativistischen Korrekturen Oskar Klein und Walter Gordon sowie Paul Dirac fanden. Damit haben wir vermutlich die eherne Säule der Quantenmechanik genannt: die Unschärfe-Relation von Heisenberg. Die erscheint mir griffig. Die ist auch intuitiv. Wenn du dich lange genug mit der Aufgabe spielst, ein Elektron im Phasenraum festzunageln mit Methoden, die du im Labor findest, kommst du vielleicht sogar selbst drauf, dass es immer um h herum wackeln wird, was du schaffen kannst. Vielleicht. Wahrscheinlich. Da komme ich hin, wenn ich mir Berthold-Georg Englert anschau. Er nennt sich jetzt selbst mit einer bequemen und für international besetzte Kollegenkreise leichter auszusprechenden Abkürzung der beiden ersten seiner vier Vornamen *Berge*.

Wie passt Berge Englert in den Rahmen dieses Kommentars?

Berge Englert korrigiert die Denkfehler von Kollegen aus dem Bereich der Physik, vornehmlich in seinem Hauptfach, der Quantenphysik. Diese Denkfehler haben überwiegend damit zu tun, dass die Quantenmechanik eine statistische Methode zur Beschreibung eng lokalisierter Phänomene einer unsichtbaren Welt ist. Wir können ein Photon nicht beobachten. Wir können auch ein Riesenmolekül nicht beobachten. Einzig können wir Fallen aufstellen, die registrieren, wenn ein Quantenteilchen hinein plumpst. Bei entsprechend großem Aufwand können wir zur Registrierung eines Quantenteilchens auch noch Daten gewinnen, welche Quantenzustände dem Teilchen eigen waren, ehe es von der Falle (Detektor) verschluckt wurde. Berge Englert ist eine Ausnahmeerscheinung im Durchdringen der mathematischen Konstrukte, die angewandt werden, um den Quantenteilchen ihre Geheimnisse zu entlocken. Ich fasse einige seiner Schlüsse hier zusammen, soweit ich sie verstanden zu haben glaube. Meine Auffassungsgabe ist für die hierzu entscheidenden Analysen keinesfalls auch nur annähernd mit Berge Englerts geistigem Vermögen vergleichbar. Trotzdem kann ich mich seinen Ausführungen so weit nähern, dass ich mich überzeugt fühle.

Vorher will ich kurz darauf hinweisen, wozu mir das dient: am Beispiel des Berge Englert vermute ich ein starkes Indiz entdeckt zu haben, dass wir längst aus dem exponentiellen Wachstum unseres Wissens ausgeschert sind.

1. Die spukhafte Fernwirkung gibt es nicht. Wir können das Phänomen zwar beobachten, aber es hat den falschen Namen. Tatsächlich handelt es sich um eine Fehlinterpretation der Schnittstelle zwischen dem Versuch selbst und dem zu seiner Erklärung verwendeten Datenmodell. Zwei verschränkte Teilchen laufen durch die Raumzeit zu unterschiedlichen Beobachtern. Beide Beobachter haben lediglich statistische Wahrscheinlichkeiten zur Verfügung, mit deren Hilfe sie die Eigenschaften der Teilchen charakterisieren. Sobald einer der beiden Beobachter eine Messung des Quantenzustands vornimmt (und dabei sein Teilchen im Detektor vernichtet), ändert sich dessen Statistik spontan, weil ja dann alle Spalten zu theoretisch möglichen Zuständen, die in der Messung nicht herausgekommen sind, zu Null werden und nur noch der gemessene Zustand eine endliche Wahrscheinlichkeit zugeordnet kriegt und zwar 1, also 100%. Was also ganz objektiv passiert ist eine un stetige Änderung der Statistik durch den messenden Beobachter; vorher wusste er wenig und nach der Messung weiß er alles. Diese Änderung der Beschreibung (= Wahrscheinlichkeits-Statistik) ist weder mit einer Änderung des Zustands des realen Teilchens verknüpft, noch mit einem spukhaften 'Umklappen' des Zustands des damit verschränkten Teilchens. Jetzt kannst du dir das von Berge sehr engagiert und ausführlich erklären lassen und dann mal schauen, wie es andere Physik-Professoren erklären:

[Lesch](#): redet fesselnd, ohne etwas zu sagen, das hilft, zu verstehen. (1.1)

[Gaßner](#): erklärt den Spuk typisch mit Nichtlokalität und Kollaps. (1.2)

[Zeilinger](#): erklärt die Statistik zum identischen Modell des Objekts (1.3)

2. Nichtlokalität ist ja eigentlich nur eine andere Formulierung für das Phänomen (1.), wie es Josef Gaßner ja auch bei seiner Darlegung verwendet. Berge Englert argumentiert energisch, dass alles, was die statistische Theorie der Quantenphysik hergibt, immer nur lokale Episoden betrifft im Rahmen der phänomenologisch relevanten Anwendungsfälle. Ein verschränktes System, das sich beliebig weit ausdehnt in der Raumzeit, bleibt bis zur ersten Wechselwirkung dieses geschlossene System, das sich nachvollziehbar verhält. Alle Apparate für Wechselwirkungen (typisch: Detektoren) sind mit ausschließlich lokalen Wirkungen zu beschreiben und die immanenten Eigenschaften durch die Verschränkung haben nichts mit der Entfernung zu tun, die im Anschluss an die Verschränkung zurückgelegt wird.

3. Die Wellenfunktion kollabiert nicht zauberhaft und unverständlich bei einer Messung, sondern der Messende aktualisiert seine Statistik über das Objekt, zu dem er die Wellenfunktion aufgestellt hatte. Mit den aktualisierten Daten ergibt sich freilich eine andere Beschreibung, insofern ist der Kollaps schlicht als die un stetige Ersetzung des weniger vollständigen Wissens über das Objekt vorher durch die Kenntnis durch die Messung zu begreifen.
4. Eine Katze hat, auch wenn sie Schrödinger heißt, keinerlei makroskopische Quanteneigenschaften, sondern setzt sich aus enorm vielen heftig miteinander wechselwirkenden Quantenteilchen zusammen, deren Quanteneigenschaften aufsummiert den makroskopischen Gegenstand Katze ergeben; die Katze ist nicht durch Quantenzahlen zu beschreiben. Die Quantenstatistik auf eine Katze anzuwenden ist purer Unfug ohne jeden Erkenntnisgewinn oder Nutzen. Es gibt in der bekannten Erfahrungswelt keine quantenphysikalische Superposition von Begriffen wie „tot“ und „lebendig“. Es wäre eine notwendige Vorleistung, zuerst eine Theorie der Superposition solcher Begriffe zu entwickeln, ehe sie in solchen Geschichten wie der Schrödinger-Katze testweise eingesetzt würden. Die Katze ist, egal ob wir hinschauen oder nicht, entweder tot oder lebendig aber nie in einem Überlagerungszustand dieser beiden. Der Mond ist auch da, wenn Albert ihn nicht anschaut. Und er ist auch nicht an verschiedenen Orten zu sehen, wenn verschiedene Leute ihn von unterschiedlichen Plätzen aus anschauen.

Berge Englert selbst gibt noch mehr 'Irrtümer' über die Quantenphysik an, aber diese besonders berühmten und immer wieder anders interpretierten „Quanteneffekte“ reichen aus, meinen Gedanken dazu zu erläutern. Dreh- und Angelpunkt der Argumente Berges ist die Verwechslung von Objekt und Modell. Ein Elektron sei das Objekt. Um über das Elektron etwas aussagen zu können, das im Idealfall zu einer gültigen Vorhersage führen wird, wie sich das Elektron verhalten wird, haben wir noch nichts Besseres entwickeln können als die hundert Jahre alte Quantenphysik. Diese ist eine mathematische Statistik über Wahrscheinlichkeiten. Immerhin dieser Punkt wird von Josef Gaßner in (1.2) weitgehend korrekt dargestellt. Bloß passiert dann sogleich der Fehler: als sei das statistische Beschreibungsmodell identisch mit dem Objekt! Das ist nirgendwo in der Physik so. Kein Beschreibungsmodell ist das Objekt. Die Maxwell'schen Gleichungen sind nicht das Licht. Die Newton-

schen Gesetze sind nicht die Gravitation. Nicht einmal die Allgemeine Relativitätstheorie ist die Gravitation und die Raumzeit ist sie auch nicht. Alle Theorien sind nur verflucht gute Beschreibungen dessen, was wir bereits herausfinden konnten, derart, dass es damit möglich ist, Systeme in ihrer zeitlichen Entwicklung vorhersagen zu können, sofern wir genügend Randbedingungen kennen. Professoren der Physik erzählen uns im Fernsehen, in Journalen und auf Youtube-Kanälen über Quanten das, was Eigenschaften der Statistik sind, ohne diese Unterscheidung klar hervorzuheben. Berge Englert rennt dagegen an und wo immer jemand etwas mit Quantenmechanik bauen will, das funktionieren soll, wird er gefragt. Aber in der Öffentlichkeit ist der Mann weitreichend unbekannt. Es ist bezeichnend, dass [David Deutsch](#), selbst ein berühmter Physiker, sich die faktische, nüchterne und fundierte Interpretation der Quantenphysik von Berge Englert anhört, die er braucht, um seine Projekte – etwa Quantencomputer – voranzubringen.

Der gewaltige Schub an Wissen über die Naturgesetze, der zwischen Ludwig Boltzmann und dem Zweiten Weltkrieg schier über die Zivilisation hernieder prasselte, ist mit einem Rausch verknüpft. In derselben Zeitspanne passierten auch in der bildenden Kunst und in der Musik vergleichbare Umwälzungen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die neuen Erkenntnisse in Technologie umgesetzt, aber die Wissenschaft scheint zu verebben. Die Hochschullehrer lehren hundert Jahre alte Quantenmechanik, hundert Jahre alte Relativitätstheorie, hundertfünfzig Jahre alte Thermodynamik und hundertfünfzig Jahre alte Elektrodynamik. Das ist der Stoff, der trägt und der dich, wenn du ihn verstanden hast, bereits irgendwie elitär dastehen lässt in einem Meer Ungebildeter. Wenn du jemandem Quantenphysik beibringst, der keine Ahnung von Mathematik hat, musst du ihm in Bildern vermitteln, was die Mathematik dazu liefert – aber ohne die notwendige Trennung zwischen Mathematik als Krücke zur Beschreibung und dem jeweils beschriebenen Objekt wird es schief. Berge Englert kann das erklären, aber er entzaubert damit die Quantenphysik, er profaniert sie. Er ist in gewisser Weise ein Ketzer. Seine Wirklichkeit will niemand hören. Wir sehnen uns nach Märchen, nach neuen Sensationen. Wir leiden am Entzug, weil uns das Rauschgift ausgeht, das uns wacker und frohgemut in die Zukunft schreiten lässt, eine Zukunft, die Schlafraffenland heißt. Da springen jetzt die geistigen Parasiten in die Lücke. Ist das eine voreilige, allzu böse Schlussfolgerung? Noch genauer zu untersuchen!

In der erwähnten Zeit jener großen Entdeckungen herrschte ansteckende Neugier: wie funktioniert die Welt? Welche Kräfte halten sie zusammen? Heute herrscht auch Gier: was kann man damit bauen? Wie kann man damit reich werden? Ist unserer Gier das 'Neu' vererbt? Sicher nicht. Die meisten Menschen fühlen sich nur überfordert, sich alles anzueignen, das inzwischen nötig ist, um zu verstehen, was vor hundert Jahren über die Natur herausgefunden worden ist. Außerdem wird uns suggeriert, technischer Fortschritt sei ein Maß für den Fortschritt in den Grundlagen. [siehe [Edda Gschwendtner](#)]. Es hat wohl eher eine andere Bewandnis damit, was heute anders ist, wenn ich hier eine Spekulation anbringen darf. Die breite Masse der Leute ist ungebrochen neugierig, aber der Stoff der Quantenwelt, in den die Naturwissenschaft seit 1900 eingedrungen ist, hüllt sich in Schwierigkeiten, die nur von hervorragend logischen Geistern noch zu meistern sind. Es beginnt mit den Größenordnungen der Winzigkeit. Wenn du eine Menge zufällig aufs Blatt gestreuter Punkte anschaust, musst du ihre Anzahl schätzen, sobald es mehr als vielleicht sieben oder höchstens zehn sind. Oder du zählst, aber das dauert halt. Unsere Fähigkeit, eine Menge in ihrer Mächtigkeit unmittelbar zu erfassen ist offensichtlich stark begrenzt. Unter den Leuten, die wir als Autisten klassifizieren, gibt es viele, die dieselbe Aufgabe übermenschlich besser beherrschen, aber dieses Thema wäre einen eigenen Aufsatz wert. In der Quantenwelt spielt die Loschmidt-Konstante eine seltsame Rolle. Sie gibt an, wie viele Moleküle bzw. Atome sich in einem Gasvolumen befinden. Die ursprüngliche Idee dazu stammt von Amedeo Avogadro, der 1811 die Hypothese publizierte, die Teilchenzahl eines idealen Gases bei bestimmter Temperatur und bestimmtem Druck sei unabhängig von der Teilchenart ausschließlich dem Volumen proportional. Das ist ein physikalisches Argument, das die Quantenwelt sehr handgreiflich mit der makroskopischen Erfahrungswelt verknüpft – und das in einer Zeit, in der es noch keine klare Idee abzeichnet, wie Atome oder Moleküle aufgebaut sein könnten. Erst Josef Loschmidt gelang es fünfzig Jahre später 1865 die Größe von Luftmolekülen aus der kinetischen Gastheorie abzuleiten. Damals hatten Clausius, Maxwell und Boltzmann zur Hypothese, Gase bestünden aus winzigen Teilchen, so enorm geniale, stimmige und viele Rätsel lösende Rechnungen und Modelle auf der Basis dieser Hypothese erarbeitet, dass eine Theorie daraus geworden war. Allerdings gab es Widerspruch von auch sehr klugen Leuten, weil die Berechnungen Unfug seien, da sie auf der Atom-Hypothese beruhten, die offensichtlich falsch sei. An dieser Stelle bin ich so ausführlich, um noch einmal an

einem anderen Beispiel deutlich zu machen, wie ur-dumm das Argument von Edda Gschwendtner in ihrem TEDxCERN-Talk ist, den größten Teil der Entdeckungen den dafür notwendigen Apparaten zuzuschreiben. Henne – Ei. Jetzt: welche Vorstellung hast du von der Loschmidt-Konstanten, wenn du schon nicht in der Lage bist, mit einem Blick zu erkennen, wie viele Atome auf dem Bild zu sehen sind?



Dabei kannst du die Punkte sehen! Und sie rühren sich nicht! Und es sind wenige. Verschwindend wenige im Vergleich zur Anzahl der Pulver-Körner des Toners aus einem Laserdrucker, die zur Darstellung eines einzigen dieser Punkte auf einem Blatt Papier landen. Einigen wir uns auf einen Durchmesser von drei Millimetern pro 'Punkt', der eigentlich eben kein Punkt ist, sondern ein gefüllter Kreis. Für die [Granulation](#) von Toner finden wir einen Wert von $13\mu\text{m}$ ('Korngröße von etwa 5 bis $20\mu\text{m}$ '). Für jeden der 'Punkte' brauchst du mindestens tausendmal so viele Toner-Körner zur Darstellung auf dem Papier wie 'Punkte' auf dem Bild zu sehen sind. Da ich nicht in der Lage bin, in angemessener Zeit sicher festzustellen, wie viele 'Punkte' auf dem Bild zu sehen sind, aber nach mühevolem Zählen auf 49 komme, was nicht einmal ein Zwanzigstel von Tausend ist, brauche ich mir nicht einzubilden, ich käme geistig noch mit in meiner Vorstellungskraft, wie klein und wie viele Partikel des Toners nötig sind, um einen 'Punkt' aufs Papier zu drucken. Meinen sensorisch zugänglichen Erfahrungsraum habe ich bereits mit den 49 Punkten (wenn ich richtig gezählt habe, aber es bleibt eine Unsicherheit; fast genauso oft zähle ich 50, je nachdem, wie ich gruppiere) des Bildes verlassen. Wenn ich die Atome entlang des Durchmessers eines einzigen Kornes zähle, finde ich ungefähr eine Million. Bisher habe ich mich nur um die Länge und

um die Fläche gekümmert, aber bereits bei der Granulation des Toners wird schmerzlich klar, dass ich es mit [Volumina](#) zu tun habe. Das heißt, ich kriege eine bedeutsame Dicke der 'Punkte' für meine Abschätzung, wie viele Atome wohl in einem 'Punkt' drin sind. Einem 'Punkt', der jetzt auch als 'Fläche' nicht mehr ordentlich beschrieben wird. Es ist eine Scheibe. Diese Scheibe wird mindestens rund eine Million Atome dick sein, weil die Körner des Toners ungefähr eine Million Atome dick sind. In einem Korn werden rund eine Trillion Atome sein. Ich habe mir die Zahlenwerte aus irgendwelchen Schriften besorgt. Aber stelle dir vor, du bist der erste Mensch auf der Welt, der auf der Grundlage der wissenschaftlichen Arbeiten von hervorragenden Kollegen ausrechnet, dass ein Luftmolekül ungefähr ein Milliardstel des Meters im Durchmesser hat! Da geht halt einfach auch beim besten Willen gar nichts mehr mit Zählen. Da funktioniert nur noch Statistik. Statistik wurde als mathematisches Kalkül genau dafür entwickelt, Ensembles von Atomen und Molekülen zu berechnen, damit die scheinbar trivialen Größen Druck, Temperatur und Wärmemenge aus unserer makroskopischen Erfahrungswelt mit der atomaren Wirklichkeit verknüpft werden. Statistik taugt nicht dafür, aus einem 'Ensemble' von 13 Patienten im Alter zwischen 18 und 72 Jahren bei ungefähr gleicher Verteilung auf die beiden Geschlechter zu errechnen, wie gut sich ein neues Pharmazeutikum eignet, dem Herzinfarkt vorzubeugen. Das ist schon alleine deshalb lächerlich, weil ein statistisches Ensemble erst bei vielleicht *zehn hoch 13* anfängt, eine ausreichende Grundgesamtheit darzustellen, um den Namen Ensemble zu rechtfertigen. Aber genau für solche absurden Datenschurkereien wurden und werden die weit meisten Doktorgrade in der 'Wissenschaft' vergeben. Fairer Weise muss ich zugeben, dass dem Titel Dr. in diesen Fällen, derer ich einige durchaus intensiv kennenlernte, das Akronym für 'missing evident derivation' angefügt wird.

Interessant ist, wie sich die Naturwissenschaftler mehrheitlich dazu stellen. Diejenigen, die wir sehen, die in den Medien präsent sind, erzählen uns die Mären, vor denen Berge Englert warnt: Das sei keine Wissenschaft, sondern Märchenstunde.

Dessen ungeachtet präsentiert das Fernsehen Experimente der Gruppe um Anton Zeilinger mit solchen Kommentaren: „Bereits im Jahre 2004 gelingt es ihnen hier unten, Photonen über eine Distanz von sechshundert Metern quer über die Donau hinweg zu *teleportieren*. Von Station A, die Physiker nennen

sie Alice, *übertragen sie den Schwingungszustand* eines der beiden Photonen auf ein Photon sechshundert Meter weiter weg bei Station B, kurz Bob genannt, ohne dass dabei die Lichtteilchen miteinander in Kontakt treten.“ Da steht jetzt also die Behauptung im Raum und ich denke mir: da hat die Redaktion der sensationsgierigen Fernsehjournalisten dick aufgetragen. Aber dann kommt eine kurze Interview-Szene. Zeilingers *Gruppenleiter Quantenkommunikation* Rupert Ursin erläutert: „In der *Quantenteleportation* ist dem nicht der Fall. Es wird also erst im Nachhinein aufgeprägt. Es ist tatsächlich eine *spooky action on a distance*, wie Einstein das genannt hat. Es ist also tatsächlich wahr, dass hier Information übertragen wird, ohne direkt eine Leitung zu haben.“ Da vermischt der Kerl zwei völlig unterschiedliche Aussagen in seltsam sensationell klingender Weise: 'das ist spukhafte Fernwirkung' und 'dabei wird Information ohne Leitung übertragen.' Bei spukhafter Fernwirkung geht es aber gar nicht um Leitung, sondern um Nichtlokalität. Jetzt gibt es dazu keinen klaren Konsens. Die meisten TV-Physiker akzeptieren die Nichtlokalität als schrulliges Phänomen der Quantenphysik, argumentieren allerdings mit guten Argumenten, dabei werde keinerlei Information übertragen. Die Zeilinger-Physiker sagen: doch, es wird dabei Information übertragen. Aber sie vermeiden es, die daraus unmittelbar folgende Verletzung der Allgemeinen Relativitätstheorie zu diskutieren.

Wenn du mit dem Laserpointer morsend auf eine Wand leuchtest, überträgst du tatsächlich Information ohne Leitung. Die Übertragung läuft mit der endlichen Lichtgeschwindigkeit in der Zeit durch den Raum. Es ist nicht im Geringsten überraschend, Information ohne Leitung zu übertragen. Information mit der spukhaften Fernwirkung zu übertragen wäre allerdings durchaus überraschend, weil es das Wesen dieses hypothetischen Effekts ist, ohne Zeitverzögerung zu passieren. Das experimentell sehr gut abgesicherte Phänomen der Quantenverschränkung können wir mit der Physik in den Köpfen notdürftig aushalten, solange keine Information übertragen wird. Erkennst du den Trick in der Aussage des Zeilinger-Gruppenleiters für Quantenkommunikation? Er vermeidet es, den Knackpunkt auszusprechen, dass seine Behauptung mit einer der stabilsten Säulen der Physik kollidiert, suggeriert aber mit einer hohlen Aussage im gleichen Satz, dass sie genau das schaffen: Einsteins millionenfach bestens bestätigte Relativitätstheorie zu widerlegen. Er schiebt uns den Schwarzen Peter zu, zu denken, was er nicht sagen darf, ohne sich dem Rigorosum darüber stellen zu müssen. Und er drückt sich.

Die wollen mit Quantenkryptographie eine unknackbare Enigma bauen. Nett. Ich habe dazu Assoziationen. Sorry. Und ich habe Berge Englert gehört. Anton Zeilinger sagt, er braucht einfach ganz, ganz viel Geld, dann wird er das einzige Problem lösen können, das es mit seiner Quantigma noch gibt: die Datenrate ist niedrig. Seine Kunden, die Chinesen, wollen was, das einen Traffic wie das Internet zulässt. Da sei er noch weit weg, aber er sei zuversichtlich, dass sich das Problem mit den entsprechenden finanziellen Zuwendungen lösen lasse. Der egoterische Physiker ist nicht neu, aber seltsam normal geworden in der Welt, in der uns die Technik zur Hassliebe treibt. Wir wünschten uns Freiheit und Unabhängigkeit, deshalb haben wir unsere Reitpferde vorgestern erst gegen Automobile getauscht. Moderne Autos haben einen Computer an Bord, der morgen für uns fahren wird, als liefe unser Auto auf Schienen. Elektrisch. Wenn einer der Kondensatoren auf der Hauptplatine sein Dielektrikum über die Leiterbahnen spritzt, war 's das.

Freiheit und Unabhängigkeit sind wundervoll geschmeidige Begriffe für die Werbung. Extrem hoch entwickelte Technologie ist ein wundervoll effektives Mittel, um Abhängigkeit und Zwang aufzubauen. Die Naturwissenschaften sind das Fundament für Technologie. Was passiert? Wir kriegen Freiheit von Schienen versprochen und sie errichten ein Netz aus virtuellen Schienen.

Der geradezu erotisch erregende Höhepunkt sensationeller Fortschritte in der Erforschung des Kleinsten (Quantenwelt oder Mikrokosmos) und des Größten (Relativität der Raumzeit im Universum, Kosmos) verdichtete sich zwischen ~1850 und ~1950 zu einer Überdosis an [Futurismus](#). [R] Dem Prinzip nach ergibt die schlichte Überlegung, dass neu hinzugewonnenes Wissen jeweils neue Fragen aufwirft und neue Fragen den Humus für neues Wissen bilden, ein exponentielles Wachstum des Wissens. Da steckt keine besondere Idee dahinter, sondern eine selbsterklärende Anwendung der Logik, hier speziell der Definitionsgleichung der Exponentialfunktion. Entgegen dieser Erwartung flaut aber das Wachstum des Wissens spürbar ab. Das ermessen wir, wenn wir betrachten, welche Inhalte in den Grundlagen gelehrt werden: es sind bis zum heutigen Tag nahezu identisch dieselben Inhalte wie vor hundert Jahren. Mir sind zwei Ausnahmen begegnet. Christoph studierte Mathematik in München, weil er bei Otto Forster promovieren wollte. Am liebsten über ein Gebiet, das mit Zirkel und Lineal zu den Geheimnissen der Zahlentheorie führt. Der mir nicht persönlich bekannte X.Y. war aus dem

Ruhrpott nach München an die LMU gekommen, um bei [Jürgen Ehlers](#) das Rüstzeug zu lernen, das ihm seinen Traum erfüllen sollte: den Kniff für die Quantengravitation zu finden. Der junge Mann begegnete mir nur selten in den Instituten, denn er war in keiner der Vorlesungen für die notwendigen Scheine je erschienen und schwänzte auch alle Übungen, um seine Zeit mit dem Studium in den erlesenen Bibliotheken der Münchner Universitäten zu nutzen bzw. nur ja keine Minute dessen zu versäumen, was Herr Ehlers in einem Oberseminar oder ähnlich dünn besiedelten Veranstaltungen darbot. Damals hieß es voller Ehrfurcht, Jürgen Ehlers sei die kompetenteste Lebend-Quelle für Gravitation weltweit. Nur einmal sah ich X.Y. für etwas mehr als eine halbe Stunde am Stück. Das war im großen physikalischen Hörsaal mit 798 Sitzplätzen, auf die sich weniger als achtzig Studenten zur Abschlussklausur einer Theorie-Vorlesung schütter verteilt hatten. X.Y. kam erst, als wir anderen schon seit zwanzig Minuten rechneten, grübelten und schrieben. Er sah verschwitzt und abgehetzt aus, ging zum Pult auf der Bühne, bat um ein Aufgabenblatt und musste kurz darum kämpfen, überhaupt mitschreiben zu dürfen. Es hatte sich herausgestellt, dass er im ganzen Semester keine oder jedenfalls weit unzureichend wenige Übungsblätter abgegeben hatte. Er bekam einen freien Platz vorne links angewiesen, holte einen Kugelschreiber aus seinem Anorak und kritzelte in Windeseile sein Lösungsblatt voll. Nach einer halben Stunde stand er auf, gab das Lösungsblatt bei einem der Assistenten ab und verschwand. Die Bearbeitungszeit war auf zwei Stunden angesetzt und der nächste Kandidat, der nach X.Y. seine Lösung abgab, schrieb noch eine Stunde lang, nachdem X.Y. abgegeben hatte. Zwei oder drei Prüflinge verließen in der Zwischenzeit frustriert oder ärgerlich den Saal, ohne etwas abzugeben. Die letzte Übungsstunde zu dieser Vorlesung war witzig: Rückgabe der Klausur und Ausgabe der Scheine. Der Übungsleiter hieß Horst Lenske, wenn ich mich richtig erinnere. Er sprach sehr lange über eine Sonderregelung zur Ausnahme, dass einer der Studenten nicht annähernd die zum Semesterbeginn bekannt gegebenen Bedingungen zum Erwerb des Scheins erfüllt hatte, aber den Schein trotzdem erhalten sollte, weil er eine granatenmäßig geniale Lösung der Klausuraufgaben abgegeben habe. Das war ein Ankämpfen gegen den Larry Gopnik Komplex! Hashihashi ... Von vielleicht hundert Studenten, die mir in meiner gesamten Studienzeit nahe genug kamen, dass ich ihnen ein Motiv zu unterstellen wagte, war nur bei Zweien dieses Motiv Physik. Und die Sekretärin von August Everding, die ich als Student der Theaterwissenschaften traf, hatte ihren Beruf aufgegeben,

um Theaterwissenschaft zu studieren; ihr Motiv war das Theater. Und Hans, den ich allerdings schon von der Schule her kannte, war als Künstler auf die Welt gekommen und studierte Bildhauerei. Vier von hundert studierten mit dem einzig richtigen Motiv. Alle anderen, mich eingeschlossen, studierten aufgesetzt. Das kann vor hundert Jahren so nicht gewesen sein. Wir beweihräuchern uns heute mit Fortschritten, die die Generation unserer Urgroßeltern erarbeitet hatte.

Wodurch wurde der Schub aus den [Triebwerken](#) entfernt? **[T]**

Public Relations ist das Zauberwort zum Verständnis. Public Relations ist eng mit dem Themenkreis des vorangehenden Kommentars verknüpft, in dem ich mich mit den Arbeiten von Petter Johansson auseinandersetze. Der Begriff Public Relations wurde durch Edward Bernays als Ersatz für den nationalsozialistisch beschmutzten Begriff der [Propaganda](#) erfunden. Die Grundidee geht von zwei Klassen der Gesellschaft aus: Führer sind intellektuell weit überlegene Visionäre und Macher, die für die Umsetzung ihrer kühnen Vorstellungen Massen von animalisch triebgesteuerten Idioten brauchen. Animalisch triebgesteuerte Idioten brauchen für ein menschenwürdiges, edles Dasein Führer, die ihnen gemeinsames Ziehen an einem Strang als Weg zur Erfüllung persönlich triebhafter Ziele suggerieren. Jeder einzelne Verstand eines Individuums wird in diesem Bild als relativ primitiv funktionierendes Atom der Gesellschaft begriffen. Kennt man die Psyche eines animalisch triebhaften Idioten, geht man dazu über, ein statistisches Modell zu entwickeln, wie sich ein Ensemble solcher Primaten gegenüber Reizen verhalten wird. Als Führer überlegt man sich, welche Bewegungsgleichung man sich von der Masse wünscht. Dann überlegt man sich, was sich der durchschnittliche Idiot wünscht. Dann konstruiert man ein Szenario, das dem Idioten die Erfüllung seiner triebhaften Sehnsucht verspricht, aus dem sich aber in der Emergenz gesellschaftlicher Verstärkung die Bewegungsgleichung erfüllt, weil die einzelnen Handlungen genau die Randbedingungen der soziologischen Hamiltonfunktion derart festlegen, dass Zwangsbedingungen im Sinne des Führers entstehen. Die Experimente Petter Johanssons entdecken also tatsächlich nichts Überraschendes oder Neues, sondern zeigen nur, dass Josef Goebbels auch heute noch funktioniert. Denn Josef Goebbels war ein besonders erfolgreicher Anwender der Literatur von Edward Bernays.

So funktioniert Propaganda gemäß der Ansprache von [Josef Goebbels](#) am 25. März 1933 vor dem Rundfunkrat der abzuschaffenden Weimarer Republik:

„Das ist das Geheimnis der Propaganda: den, den die Propaganda fassen will, ganz mit den Ideen der Propaganda zu durchtränken, ohne dass er überhaupt merkt, dass er durchtränkt wird.“

Petter muss Illusionisten engagieren, die ihm beibringen, wie er eine bereits getroffene Wahl der Testperson nachträglich so manipulieren kann, dass der Getestete nicht merkt, etwas anderes gekriegt zu haben als das Gewählte. So herum betrachtet ist das ausgiebig im vorangehenden Kommentar untersuchte Experiment zur Wahlblindheit auch eine Form der Propaganda. In der zweiten von Petter Johansson dargelegten Ausführung der experimentellen Idee mit politischer Wahlbeeinflussung, auf die ich nicht näher eingehe, wird dieser Bezug noch deutlicher erkennbar. Meine These dazu ist, dass die Dogmatisierung wissenschaftlicher Themen zur Eindämmung der Fruchtbarkeit führt. Das in diesem Kommentar diskutierte Dogma heißt: die Quantenphysik ist durch völlig unbegreifliche Skurrilität gekennzeichnet und entzieht sich unserem gesunden Menschenverstand genau so wie Zauberei und religiöse Wunder. Aber ein erlesener Kreis elitärer Visionäre beherrscht die dahinter stehende Mathematik zeilingermäßig gut, so dass seine Führer zwischen den Zeilungern der Naturgesetze lasern können und eine Quantenenigma bauen werden, die auch von Alan Turing persönlich niemals geknackt werden kann, selbst wenn er unendlich viel Zeit dafür hätte.

Dieses Dogma (und ähnliche derselben Art) ist die Ersatzdroge für verebbende Sensationsmeldungen aus der seriösen Physik. Ein Dogma nachzubellen ist einfacher, als zu analysieren, wo die Grenze zwischen dem Objekt und der Beschreibung des Objekts liegt. Da es für das Nachbellen auch mehr Geld gibt, wird die Vielfalt zerstört und durch Lautstärke der Einfalt ersetzt. Die Neugierigen in der Physik sterben nicht aus. Sie geraten nur in die Minderheit. Die Mehrheit derer wird übermächtig, die Lösungen unserer Probleme versprechen, weil sie an der Nutzung zauberhafter Quantenphänomene arbeiten, durch die wir unseren Energiemangel, unsere Verschmutzung-Katastrophen, unsere Spionage-Paranoia, unsere Todesangst vor dem Sterben, unsere physiologische Disposition, krank zu werden, unsere Impotenz und unsere Alltagsorgen endlich loswerden werden.

Der Zusammenhang ist klar: wird eine Vielfalt zugunsten der Macht geopfert, die aus Gleichschaltung erwächst, passen viele abweichende Genies nicht mehr durchs Filter. Entweder stellen sie sich in den Dienst des Dogmatismus oder sie fallen aus dem Raster, das die Mittel verteilt. In beiden Optionen gehen ihre möglichen Beiträge unter. Damit nimmt das exponentielle Wachstum von Wissen ab zugunsten eines gigantischen Wachstums von nachweislich betrügerisch konstruiertem Quatsch, der sich in unvorstellbarem Umfang rentiert. Hier ein Beleg:



Der bekannteste oxidkeramische Werkstoff kann für Pfennigbeträge bezogen werden. Dann lässt du ihn in Heimarbeit von Billiglohn-Kräften in ein Standardgehäuse aus billigem Plastik kleben und verschließt das Gehäuse so, dass es zum Öffnen zerstört werden muss. Dann erfindest du irgendeinen vollkommen abstrusen Prozess, dessen Beschreibung du im ersten Satz mit dem Wort 'Quantenphysik' einleitest, um derentwegen wir heute etwas akzeptieren müssen, das folgerichtig zur Fähigkeit führt, alles Schädliche aus der Welt zu zaubern, wenn jemand es versteht, damit umzugehen.

Symbio-Harmonizer Car



Für eine größere Ansicht klicken Sie auf das Vorschaubild

Lieferzeit: 2-4 Tage

Art.Nr.: 10103

Hersteller: Symbio-Harmonizer GmbH

Mehr Artikel von: Symbio-Harmonizer GmbH

Für weitere Informationen besuchen Sie bitte die [Homepage](#) zu diesem Artikel.

Artikeldatenblatt drucken

Auf den Merkzettel

290,00 EUR

inkl. 20 % MwSt. zzgl. Versandkosten

1

IN DEN WARENKORB >

Dann denkst du dir einen Preis aus für dein Konstrukt aus Lügen und Propaganda, der einen Käufer abschreckt, das Ding kaputt zu machen, aber ermutigt, auf die Wirkung zu vertrauen. Denn da wird sich doch keiner trauen, so viel Geld zu verlangen, wenn es Schwindel wäre. Du brauchst freilich noch Fürsprecher. Dazu holst du dir einen Haufen dieser Doktoren ins Boot, hinter deren Grad mit dem weiter oben von mir erklärten Akronym 'med' verziert ist, weil diese Leute die im mittel schlechtesten Naturwissenschaftler unter allen Akademikern sind. Jürgen Lueger tut so seinem Namen alle Ehre an:



Das ist nicht mehr mit Chuzpe zu erklären. Das wäre vor sechzig Jahren noch mit [lebenslänglich Zuchthaus](#) bestraft worden. Nicht nur wegen des Wuchers, sondern wegen Volksverhetzung. Sind die Idioten, die solchen Dreck kaufen, nicht selber schuld? Ja freilich, aber wer kein Idiot ist ist ein Führer. Bist du ein Führer? Der Bezug zur Propaganda wird klar, wenn du „[Jürgen Lueger](#)“ als Suchbegriff in google eintippst. Rate, was du investieren musst, um [mit Quark](#) solch ein Resonanzbild zu erzwingen!

Mit [Rudolf Kühn](#), der sich vor sechzig Jahren in der Erstausgabe seiner [Zeitschrift](#) schon Sorgen über die marodierende Aushöhlung der Aufklärung machte, bietet sich an, die Rolle von Jürgen Ehlers zu beleuchten. Dieser exzellente Forscher begeistert durch seine präzise und einfache Sprache, die keinerlei Bedürfnis zu kennen scheint, mit sensationellen Prognosen zu punkten oder Begriffe in den Raum zu werfen, unter denen sich jeder etwas Beliebigen vorstellen kann, ohne sie exakt zu kennen. Jürgen Ehlers erklärt alle Details seines Forschungsprogramms nüchtern, anschaulich und einzig darum bedacht, dem Zuhörer so einfach wie möglich, aber nicht einfacher, die Tatsachen zu vermitteln. Er ist Hauptverantwortlicher für die Einrichtung des im Beitrag erklärten Experiments in dem 300 Seelen kleinen Dorf Ruthe siebzehn Kilometer süd-südöstlich der Leibniz-Universität Hannover. Eine der herausragend genialen und verblüffend selten genannten Koryphäen der Physik war Pascual Jordan, bei dem Jürgen Ehlers promovierte und sich auch habilitierte. Von [Pascual Jordan](#) stammen die entscheidenden Formalismen der Matrizenmechanik und die wesentlichen Grundlagen der Quantenfeldtheorie, von deren moderner, weiterentwickelter Form David Tong so mitreißend begeistert erzählt [\[a\]](#). Pascual Jordan war halt Nazi und trotzdem nicht böse und das passt irgendwie nicht ins Konzept der Bewertung seiner Leistungen. Er mochte die anderen Nazi-Physiker nicht. Philipp Lenard, der nach dem Erfolg von Wilhelm Röntgen dessen Leistung für sich selbst beanspruchte und mein Nachbar Johannes Stark, der sich zuerst für Quanten begeisterte, bis er merkte, dass es nicht opportun war, jüdisch zu rechnen, so dass er sich vehement in einem Powerslide dagegen wandte, provozierten Jordan sogar, die jüdischen Physiker und ihre grandiosen Beiträge zur Naturwissenschaft explizit in einem Buch zu rühmen. Grotesk? Warum sollte ein guter Physiker mehr von Politik verstehen als ein guter Bäcker? Warum sollte ein guter Fußballspieler mehr von Haarwaschmittel verstehen als ein guter Automechaniker? Warum sollte eine Partei die Kandidaten und ihre Slogans danach auswählen, was mehr Stimmen bringt, statt zu offenbaren, was die Parteimitglieder vorhaben, zu tun, falls sie die Wahl gewinnen?

Man gewinnt keine Wahl, wenn man den Wählern sagt, was man tun wird. Insofern funktioniert Demokratie nur, wenn die Mehrheit der Wähler optimal aufgeklärt ist durch diejenigen Instanzen, die keine Ambitionen haben, zu herrschen. Dann können die aufgeklärten Wähler wenigstens erkennen, welche Parteien schlimmer lügen als die anderen und welche etwas weniger

verdächtige Verbindungen pflegen. Ein Gedankenexperiment zu einem politischen Szenario dazu soll verdeutlichen, wie sich das Versagen der NASA im offenkundig gewordenen Fall der Challenger-Katastrophe ganz genauso in völlig anderem Kontext zeigen kann.

Die demokratisch gewählte Regierung eines Landes beabsichtige, einen Umschwung bei der Nutzung von Energieträgern für die Heizung von Wohnraum zu fördern. Erklärtes Ziel soll sein, von fossilen Brennstoffen weg zu kommen und stattdessen erneuerbare Energiespeicher zu nutzen, insbesondere nachwachsendes Holz. Um möglichst schnell und effektiv den Wandel möglichst umfassend zu schaffen, kann die Regierung ein Programm entwickeln, durch das Hauseigentümer Fördermittel erhalten, wenn sie ihr Heizungssystem im Sinne des Programms ändern. Offensichtlich wird der Anreiz umso größer sein, je mehr finanzielle Mittel dem einzelnen Antragsteller in Aussicht gestellt werden. Um keinen Zweifel aufkommen zu lassen, dass sich die Investition für den Hauseigentümer rentieren wird, eignet sich am besten eine Prämie, die über einen langen Zeitraum auf denjenigen Teil bezahlt wird, den der Eigentümer als Heizkosten mit der neuen Anlage nachweist, weil das offensichtlich ein gutes Maß für den Anteil an fossilen Brennstoffen darstellt, den der Heizungsbetreiber eingespart hat.

Klar?

Nochmal: Du lässt als Hauseigentümer eine Pelletheizung einbauen und kriegst zwanzig Jahre lang pro Kilowattstunde Heizwert deines Verbrauchs, nachgewiesen durch entsprechende Pellet-Rechnungen, einen gestaffelten Zuschuss vom Staat. Je mehr Erdöl oder Erdgas du *nicht* verbrauchst, desto höher sei die Vergütung pro Kilowattstunde, damit der Staat vor allem auch die Großverbraucher schnell ins Boot holt. Das kann man als Förderprogression bezeichnen.

Jetzt kommen Experten zu Wort und warnen: wenn ein Großverbraucher einerseits durch Mengenrabatt spart und andererseits in die hohen Stufen der Förderprogression rückt, kann die staatliche Vergütung höher werden als die realen Heizkosten. Das wird dazu führen, dass mit Steuergeldern gefördert wird, unwirtschaftlich viel zu heizen und den Spargedanken sowie Bemühungen um gute Isolation gegen Wärmeverluste zu untergraben.

Was vielleicht nicht bekannt ist, sind die Aktionen der Lobby. Es ist denkbar, dass Holzhändler im Nachbarland während dessen Finanzkrise gewaltige Holzschlagrechte erworben haben. So eine Situation wäre etwa leicht vorzustellen in Irland. Während die Republik Irland unter dem so genannten Rettungsschirm der EU geknechtet darbt, wurden vermutlich die Bäume der ausgedehnten irischen Wälder an Konzerne verkauft, die mit Holz handeln. Wenn diese Konzerne zugleich beim politisch davon getrennten UK-Teilstaat Nordirland ein Gesetz forderten und lobbyistisch förderten, wonach die schmutzigen Heizenergien durch saubere ersetzt werden müssten, hätten wir ein starkes Motiv, die oben erwähnten Warnungen der Experten in den Wind zu schießen. Wir würden mutig, couragiert und unbeirrbar gegen die Unkenrufe für eine umweltfreundliche Politik eintreten und das Gesetz erlassen, wie es geplant war. Die Republik Irland hat interessanterweise genau ab der Zeit, als die Regierung von Nordirland ihre [Renewable Heat Incentive](#) umsetzte, einen beträchtlichen Anteil ihres Baumbestands verloren. Es wurden Flächen gerodet, dass du mit den Ohren wackelst, wenn du dir zu google maps Vergleichsbilder von vor 2012 anschaust.

Es ist dasselbe Prinzip, wie gesagt: Konzernmanager und Regierungsminister sind keine Experten. Experten sind die Leute, die ihre bezahlte Arbeit nach den Anweisungen von oben machen und die merken, wenn etwas nicht richtig funktioniert. Manager und Minister merken nicht, wenn etwas nicht funktioniert. Wenn es sich rentiert, taub zu sein, werden diese Leute auch wenig Anreiz finden, auf ihre untergebenen Experten zu hören. Dann merken die Kapitäne nur, wenn ihre Untergebenen nicht bringen, was von ihnen verlangt wird. Wenn der Kapitän Wasserschi fahren will, brauchen die Trommler nur schneller zu trommeln und die Peitscher fester zu peitschen, dann klappt das schon. Und wenn nicht, dann lässt er eben die Heuschrecken kommen. In einem solchen Szenario werden Speichellecker gefördert und Leistungsträger mundtot gemacht. Die Schwindelfirma Theranos von [Elizabeth Holmes](#) ist ein brillantes Beispiel für die Hysterie der fortschrittsgierigen Investoren. Die Experten sagten von Anfang an, dass eine Blutentnahme aus den Kapillargefäßen der Fingerkuppe prinzipiell ungeeignet ist zur Ermittlung eines Blutbildes. [Christian Rasmus Holmes IV](#), der Vater von Elizabeth Holmes, war Vizepräsident des Betrugskonzerns Enron, von dem sich unser [e.on](#) ableitet, ein Konzern [ohne den Hauch von Ahnung zu Strom](#).

An alle Bezieher von energie.aktiv



Liebe Leserin, lieber Leser,

auf Seite 11 hat sich der Druckfehlerteufel bei Angaben zu Elektrogeräten eingeschlichen. Die Verbräuche von Klimagerät, leistungsstarker PC-Ausrüstung, neuen PCs mit Flachbildschirmen, Notebooks und DSL-Router sind fälschlicherweise in „Kilowatt pro Stunde“ genannt, richtig sind „Watt pro Stunde“. Das bitten wir zu entschuldigen. Solche Fehler dürfen uns natürlich nicht passieren, da es sich um Energiethemen handelt, die unser „täglich Brot“ sind. Deshalb haben wir uns nach dem Druck für diese Form der Korrektur entschieden.

Anbei finden Sie die richtig formulierten Absätze.

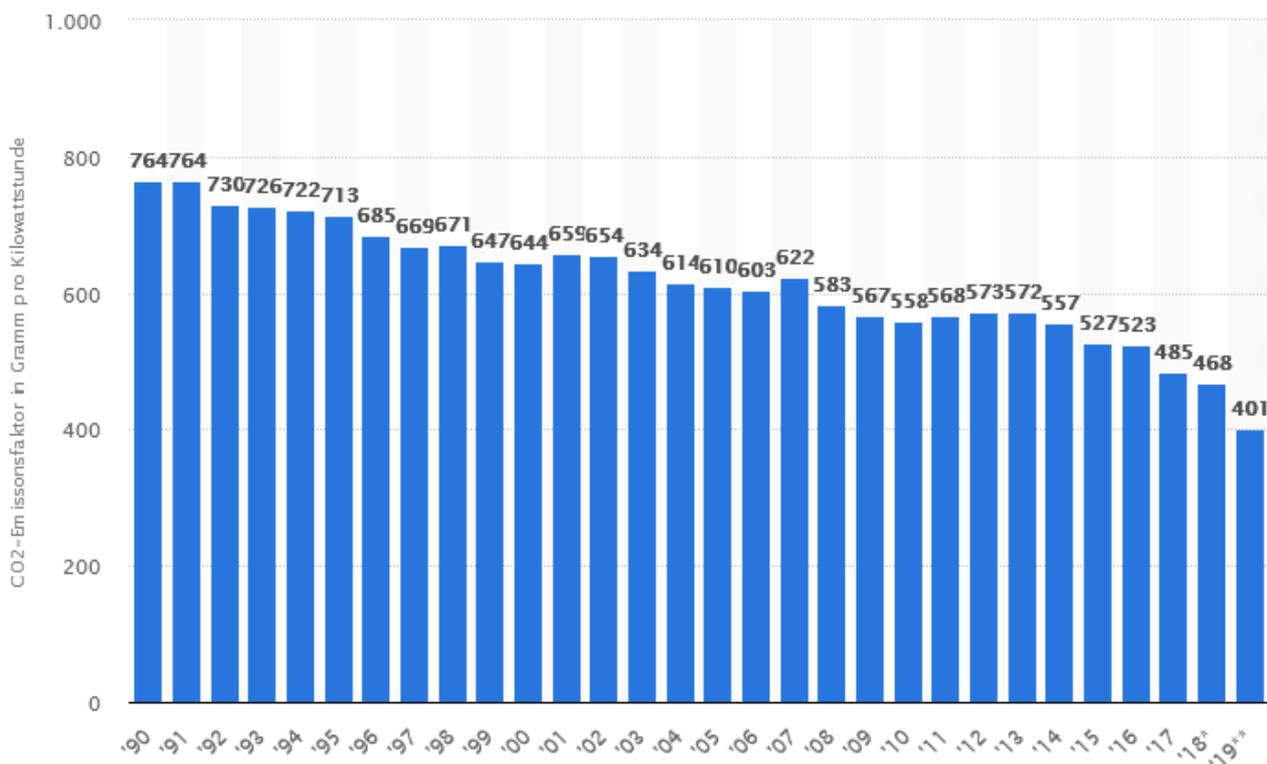
Mit freundlichen Grüßen,

Ihre Redaktion von energie.aktiv

Watt ist die physikalische Einheit für eine Leistung, genau wie PS. Die alte Pferdestärke kann in Watt umgerechnet werden. Mein Auto hat eine Motorleistung von 44 Kilowatt oder 60 PS. Was soll es wohl bedeuten, mein Auto verbrauche 60 Pferdestärken pro Stunde? Heißt das, dass es nach einer einstündigen Fahrt ausrollt, weil die Motorleistung verbraucht ist?

Da hat sich kein Druckfehlerteufel eingeschlichen, sondern da haben sich vollkommen verblödete Betrüger doppelt blamiert: die Public Relations Abteilung des größten Energiekonzerns Deutschlands wurde darauf hingewiesen, dass sie in ihrer Kundenzeitung idiotisch falsche physikalische Dimensionen verwendet. Daraufhin gab der Konzern eine Berichtigung heraus, die den Faktor Tausend korrigierte, aber die falsche Dimension beibehielt. Kilowatt pro Stunde als Verbrauchsangabe ist völlig idiotisch, aber Watt pro Stunde ist genauso idiotisch. Damit haben die Macher von e.on eindrucksvoll bewiesen, dass sie nicht den Hauch von einer Ahnung haben, woraus ihr Brot gebacken wird. Das findet nur in Mark Helprins Wintermärchen eine würdige Entsprechung. Da spricht der Eigentümer des Boulevardblatts „Ghost“ zum Streit seiner Redakteure ein Machtwort: „Übrigens wir Weißwein weder aus Fisch noch einem anderen Säugetier gewonnen, sondern indem man den Saft unreifer Zucchini auspresst.“

Damit ich hier nicht nur wiederhole, was ich schon in meinem Rätsel *Starkstrombrot* geschrieben hatte, gibt es noch eine Statistik des Umweltbundesamts zum CO2 Emissionsfaktor des deutschen 'Strommixes':



Die e.on-Kundenzeitung kam in einer Zeit heraus, in der wir rund 600 Gramm Kohlendioxid pro Kilowattstunde als Bundesdurchschnitt ansetzen dürfen. Wenn ich mit dem Auto 100 km nach München fahre, habe ich etwa sieben Liter Benzin verbraucht. Im Wesentlichen ist Benzin Kohlenstoff. Augen zu und durch – jetzt kommt eine Wald-Wiesen-Orientierungsfahrt: wenn Benzin tatsächlich nur aus Kohlenstoff bestünde, wären 7 Liter (Schande, VW, schämt euch für die Lügen in euren Prospekten! So ein Scheiß-Polo braucht bei wahrlich sanfter Fahrweise echte 7 Liter Sprit auf 100km) ungefähr 5 kg Kohlenstoff. Irgendwie blase ich also ganz gewiss rund 5kg Kohlenstoff raus auf meiner Fahrt nach München. Dazu saugt mein Motor den Sauerstoff für die Verbrennung aus der Atmosphäre in die drei Zylinder hinein. Ein CO₂-Molekül hat 1 C(12)-Atom und 2 O(16)-Atome, wiegt also 44/12-tel Mal so viel wie ein Kohlenstoffatom. Demnach würde bei vollständiger Umsetzung allen Kohlenstoffs aus 5 kg Benzin zu Kohlendioxid 3,7 mal so viel Kohlendioxid-Masse entstehen, wie Kohlenstoff-Masse verbraucht wurde, das sind 19 kg. Nur mal so als Richtwert für die obere Schranke: aus 5 kg C können maximal bis zu 19 kg CO₂ werden. Tatsächlich gibt es auch noch an-

dere Verbrennungsprodukte. Stickoxide, Ruß, irgendwas eben, aber ich haue auf jeden Fall diese 5 kg Kohlenstoff raus aus dem Tank in die Luft und weiß jetzt eine obere Schranke dafür, wie viel CO₂ daraus höchstens werden kann. Jetzt kann ich mir vorstellen, dass man sehr viel über technische Kniffe und Verbrennungsdynamik wissen muss, bevor man anfangen kann, eine realistische Schätzung für den CO₂-Ausstoß zu wagen. Immerhin sehen wir seit Jahrzehnten wahnsinnig tolle Werbefilme über die Entwickler in der Autoindustrie, die unverständlich schwierige Verbrennungsphysik auf Testständen studieren und finite Elemente rechnen und Simulationen programmieren und und und nicht zu vergessen all die Entwicklungen in der Chemie! Ich habe ja Benzin ohne all das Zeug angenähert, das an den C-Atomen in den Kettenkohlenwasserstoffen noch dran hängt. Also: was ist der gesunde Menschenverstand da schon wert ohne all diese Vorsprünge durch Technik? Wie rechnen denn die [Experten](#)?

Pro Liter Benzinverbrauch auf 100km rechnen die Experten mit einem mittleren CO₂-Ausstoß von 25,5 Gramm pro Kilometer. Aus dieser schrägen Angabe rechnen wir jetzt zurück, was denn aus einem Liter Benzin dann im Mittel an CO₂ rauskommt beim Otto-Motor: offensichtlich 100 mal 25,5 Gramm, das sind 2,6 kg. Ein Liter Benzin wiegt ungefähr 0,75 kg und daraus werden angeblich 2,6 kg Kohlendioxid gemacht, also 3,4 mal so viel Masse, wie an Benzinmasse aus dem Tank verschwindet. Da schau her, wie nahe meine Wald-Wiesen-Schätzung oben an die offiziellen Daten herankommt! Ist das nicht traurig? Die erzählen uns, dass sie seit hundert Jahren wie verrückt mit den besten Ingenieuren hart daran arbeiten, den Ottomotor zu verbessern und was kommt dabei heraus? 7 Liter Benzin pro 100 km, also rund 19 kg CO₂. Mit einem Scheiß-Polo! Der Polo davor brauchte das auch schon. Und der Skoda mit dem Polo-Motor braucht es immer noch. Meine Italiener waren besser. Denen reichten 5 Liter pro hundert Kilometer. Jeweils ohne den Anteil der Förderer und Raffinerien: bloß tank-to-wheel ... klingt gelehrt ;-)

Jetzt nehme ich mir ein [Elektroauto](#) vor: 16 kWh/100 km. Aus meiner Steckdose komme bundesdeutscher Durchschnittsstrommix mit aktuell rund 400 g CO₂-Last pro kWh, da bin ich dann bei 6,4 kg CO₂ pro 100 km. Blöd ist vielleicht nur, dass mir die [Akkus](#) unsympathisch sind ... mit ihrem [Quarkmix](#). Zur Ergänzung: alles Löschwasser ist als giftiger [Sondermüll](#) zu entsorgen, analog den verfassungswidrigen Gesetzen gieriger Staatsmanagements. **[T]**

Als neugierige Menschen kann es uns keine Ruhe lassen. Wie funktioniert Emergenz? Wir können über die Details eines komplexen Systems so viel herausfinden, wie wir nur wollen. Aber immer, wenn wir uns die Komplexität des Ganzen dazu anschauen, ist da noch ein rätselhafter Schleier, der den eigentlichen Witz auszumachen scheint. Ich bringe mal ein harmloses Beispiel aus der klassischen Physik in die Überlegung, um von dem marktschreierischen Gehabe der Quantenprediger etwas Abstand zu kriegen. In der Wärmelehre gibt es die Größen Temperatur, Druck und Volumen, die in den aus dem Schulunterricht bekannten Gesetzen miteinander verknüpft sind. Das sind zugängliche Größen, die uns im Alltag begegnen und die uns in ihrer Sinnfälligkeit auch berühren. Jeder wird schon einmal gefroren haben, sich einen Finger gezwickt oder in der Enge eines versperrten, kleinen Raums Platzangst gehabt haben. Gerade weil es makroskopisch erfahrbare Größen sind, haben sich Leute schon früh damit befasst und es passt zu diesem Kommentar, einen Alchemisten zu nennen, der durch systematisches Beobachten der Abhängigkeit von Druck und Volumen das Gesetz erkannte und aufschrieb: der Ire Robert Boyle im siebzehnten Jahrhundert ist aus eigener Geisteskraft vom Esoteriker zum Physiker mutiert. Das war damals was ganz Neues. Das war spannend und hat Spaß gemacht. Als Geistesmensch war Robert Boyle plötzlich eine Ausnahme. Seine Arbeiten müssen ihn ungefähr in der Weise erregt haben, wie es sich Bertolt Brecht vorstellte.

Der schreibt viel darüber, wie er mit seinem Hauptdarsteller Charles Laughton eine Version des Stücks für Amerika erarbeitete. Insbesondere die Kraft des Schauspielers war zu fördern, sich eben gerade nicht in 'method acting' zu ergehen, sich selbst vollkommen in die Rolle zu denken, um aus nachgefühlten Lebensepisoden zehrend ein hollywoodeskes Übermaß an Emotionen frei zu schaufeln im passiven Theatergast, sondern zu zeigen! Da kann sogar Theaterwissenschaft komplex werden: zeige den Unterschied im Aufbau der Rolle bei Brecht und Stanislawski. Brechts episches Theater macht aus dem Schauspieler so etwas wie die Quantenstatistik der Rollenaspekte. Er muss zeigen, wie falsch eine Handlung der Rolle sein kann, während er sie ausführt. Du musst als Zuschauer begreifen können, dass da ein Mensch mit Freiheitsgraden operiert. Und dass ihm Zwangskräfte auferlegt sind. Und wie er darauf reagiert. Und dass es alternative Reaktionen gegeben hätte, die du nicht zeigst, weil sie nicht im Text vorkommen. Sie sind Bestandteil des Einstudierens, dem der Zuschauer nicht beiwohnt. Die Rolle bei

Stanislawski ist in dieser Hinsicht klassisch trivial: fühle dich in jedem Augenblick ganz anhand deiner eigenen Lebenserfahrung in den Charakter hinein, das kannst du üben. Lege dir ein Arsenal an Emotionen zu, die du in deinem Leben hattest und trainiere, diese Emotionen auf Wunsch abzurufen. Wenn du die Rolle studierst, verteile die jeweils am besten passenden Emotionen auf die Szenen und dann spiele den Automatismus der echten Gefühle ab. [S.4]

So läuft das nicht im epischen Theater. Das mag zwar den kathartischen Effekt hervorrufen, von dem Antonin Artaud in seinem Theater der Grausamkeit schwärmt. Und es ist ganz klar angelehnt an das aristotelische Ideal, nach dem das intensive Ausleben von virtuell generierten Erregungszuständen dieselben entlädt und der Gereinigte folglich geheilt aus der Vorstellung wieder zurück in die Wirklichkeit entlassen wird. Aber Bertolt Brecht wollte den Menschen zum rational eigenverantwortlich Handelnden erziehen. Also darf sich weder der Schauspieler noch der Zuschauer mit dem Charakter oder gar der Rolle identifizieren. Du muss Skepsis über allem stehen. Da muss ein Widerspruchsgeist genährt werden. Keine Rolle zeigt einen Menschen als sei er ein Engel, weil der Mensch kein Engel ist. Mutter Courage lamentiert über den grausamen Krieg, dem sie hinterher fährt, um was daran zu verdienen. Und dabei füttert sie 'den Krieg' mit ihren Kindern. Ein nach dem andern. Da musst du schreien wollen: ja, dumme Sau, reicht es denn noch immer nicht? Lass ab! Damit das gelingt, muss dir Therese Giehse zeigen, dass sie nicht einverstanden ist mit Mutter Courage, während sie diese Rolle aber theatralisch im epischen Sinne ausführt. Wenn das nicht komplex ist! Besser als Brecht selbst kann es wohl niemand erklären, deshalb hier kurz ein Textbeispiel von Brecht über Charles Laughton als Galilei:

Denken als Ausdruck körperlichen Wohlbehagens

Sich im Hintergrund waschend, beobachtet Galilei vom Waschstand aus interessiert das Interesse des Kindes an dem Astrolab; des kleinen Andrea, der um das merkwürdige Instrument kreist. Die Neuartigkeit des Galilei brachte Laughton dadurch heraus, dass er ihn auf die umgebende Welt wie einen Fremden schauen ließ, als auf etwas der Erklärung Bedürftiges. Seine lachende Betrachtung machte die Mönche im Collegium Romanum zu Fossilien. Er zeigte hier übrigens Vergnügen an ihrer primitiven Beweisführung. Von einigen wurden Einwendungen dagegen erhoben, dass Laughton die Rede über die neue Astronomie in der ersten Szene mit entblößtem Oberkörper brachte; das Publikum möchte verwirrt werden, wenn es so spirituelle

Äußerungen von einem halbnackten Mann hörte. Aber gerade diese Mischung von Körperlichem und Geistigem interessierte Laughton. 'Galileis Wohlbehagen', wenn der Knabe ihm den Rücken frottierte, setzte sich um in geistige Produktion. So unterstrich Laughton, dass Galilei der Wein wieder schmeckt, wenn er in der neunten Szene hört, dass der reaktionäre Papst im Sterben liegt. Seine wohlige Art, auf und ab zu gehen und sein Spiel mit den Händen in den Hosentaschen beim Planen der neuen Forschungen reichte an die Grenze des Anstößigen. Immer wenn Galilei schöpferisch ist, zeigte Laughton eine widerspruchsvolle Mischung von Aggressivität und schutzloser Weichheit und Verwundbarkeit.

Als Bertolt Brecht Das Leben des Galilei schrieb, war er im Exil. Er lebte von 1933 bis 1939 mit Helene Weigel in Dänemark und besuchte oft die Arbeitsgruppe von Niels Bohr, um sich von Bohrs Assistenten Material und Verständnis beibringen zu lassen, wie das ptolemäische Weltbild als Hintergrund der Handlung authentisch zu konstruieren sei. Die Bohr-Gruppe arbeitete zu dieser Zeit gerade an der Kernspaltung bzw. in den Worten Brechts 'am Problem der Zertrümmerung des Atoms'. Die Notizen zur Arbeit mit Charles Laughton stammen aus dem Jahr 1947, wo Brecht mit seinem Hauptdarsteller am Broadway die für dort angemessene Fassung des Stücks entwickelte.

Der Aspekt der wissenschaftlichen Neugier als Keimling einer seltsamen Lust, einer Leidenschaft ohne Aussicht auf Befriedigung, weil jeder Erfolg nach kurzem Glücksrausch unweigerlich die neuen Fragen sucht, die sich aus dem Erkenntnisgewinn geistreich anschließen lassen, ähnelt in meiner Sichtweise dem romantischen Motiv der Suche nach der Blauen Blume. Das denke ich mir gar nicht abfällig, sondern ich erhebe damit das, was ich unter Romantik verstehe, auf ein akzeptables Niveau. Physik ist sehr romantisch, wenn ich mir zum Beispiel immer wieder dieses köstliche Video anschau, in dem Berge Englert als Galileo Galilei analysiert, was zwischen Alice und Bob wohl läuft, während keiner hin guckt. Auf seiner Liste fehlt mir nur die explizite Einlassung zur Quantenteleportation. Das würde ich mir gerne von ihm ganz genau erklären lassen, wenn wir uns zu einer Tasse Kaffee treffen.

Vermutlich ist Neugier selbst ein Phänomen der Emergenz des Hirns. Meistens wird davon ausgegangen, dass sich evolutionär der Vorteil des Findens von Lösungen für Probleme durchgesetzt hat, wofür Neugier eben eine günstige Eigenschaft sei. Also hat sich Neugier manifestiert. So, als wäre das eine Option der Bestandteile des Nervensystems, also der Neuronen. Das kann nur Quark sein. Neugier ist keine neuronale Quantengröße. Neugier ist auch

keine extensive Hirn-Größe, sondern eine intensive. Wenn du solche Analogien nicht aushalten kannst, hast du mein volles Verständnis. Aber ich kenne kein einziges System, das zuverlässig in der fremden Wildnis einen Weg weisen kann, außer Mathematik und Physik. Und das Denken ist ein verflucht fremdes, wildes Land, in dem sich die selbsternannten Koryphäen und Führerleser permanent gegenseitig widersprechen. Freilich sind makroskopische Systeme eben gerade nicht durch Quantenstatistik darstellbar. Genau darum geht es. Eine physikalische Größe, die viele Eigenschaften hat, die der Neugier ähneln, darf keine Quantengröße sein, muss sich aber aus einem Ensemble von Quantenteilchen näherungsweise verstehen lassen. Und sie muss intensiv sein, das heißt, sie hängt nicht von der Größe des Systems ab. Eine solche extensive, makroskopische Größe ist die Temperatur. Um Neugier als Prozessgröße des Denkens in einem neuronalen Netz zu begreifen, würde ich mich an den Arbeiten von Josiah Willard Gibbs und Ludwig Boltzmann orientieren. Wenn es zum Schmarren führt, werde ich es schon merken. Aber dann habe ich schon was gelernt.

Bei solchem Vorgehen ist es unbedingt erforderlich, eine gesunde Basis zu unterlegen. Genau deshalb sind Menschen wie Berge Englert die eigentlichen Lichtgestalten im Wissenschaftsbetrieb. Die meisten Forscher missbrauchen den zweihundert Jahre alten Doppelspalt des Thomas Young als Kuriosum, mit dem sie ungebildete Laien verblüffen und in den sie ihre blumigen Interpretationen kleistern können. Entweder oder ... wird zauberhaft zu sowohl als auch. Je nachdem: schaust du hin: Teilchen. Schaust du weg: Welle. Komplementarität. Und Berge Englert? Er schaut hin, *wie* er hinschaut und rechnet aus, *wie* die Komplementarität von seiner Aufmerksamkeit im Hinschauen abhängt. $V^2 + D^2 \leq 1$ ist seine Antwort.

Wenn du dir jetzt denkst, wow, der Kerl, der das schreibt, versteht Quantenphysik, dann irrst du dich. Ich weiß nicht einmal, wie es funktioniert, damit zu rechnen. Und das wäre erst der Anfang, sozusagen die minimale Voraussetzung. Wenn du eine Schrödinger-Gleichung nicht lösen kannst, bist du kein Physiker. Weil das schlicht der Boden unter den Füßen ist. Trotzdem kann ich einen Text verfassen, in dem ich mit einiger Überzeugungskraft den Eindruck vermittele, ich sei in Quantenfragen bewandert. Dieser Eindruck beruht auf Täuschung. Ich verstehe es nicht.

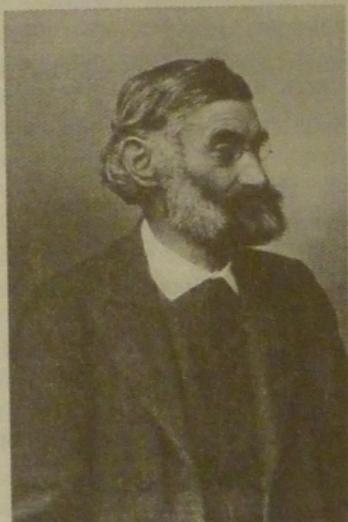
In dem Clip, in dem Jürgen Ehlers den Detektor GEO600 für Gravitationswellen vorstellt und auf Fragen an den Rändern des Experiments antwortet, merke ich eine unbezwingbare Lust in mir aufsteigen, die beiden Relativitätstheorien Albert Einsteins in vollem Umfang zu begreifen. Wenn ich Berthold-Georg Englert argumentieren sehe und höre, wie er an einem einzigen Experiment, dessen volksnahe Bezeichnungen aus dem Wiener Teleportation-Bahnhof des Anton Zeilingers stammen, will ich von Grund auf alles verstehen, was dieser wundersame Mann über Superposition, Lokalität, spukhafte Fernwirkung, Statistik, Modell und Objekt daher redet. Wenn ich im Vergleich dazu anschau, was Harald Lesch erzählt oder Anton Zeilinger sagt, werde ich wütend. Ich kann es begründen, aber das wäre nur ein Beispiel für Wahlblindheit. Es kann mich kalt lassen, was irgendjemand irgendwo außerhalb meiner persönlichen Sphäre redet oder tut. Und so ist es ja auch im täglichen Leben. Die Unverhältnismäßigkeit nimmt fast das gesamte Volumen meiner Aufmerksamkeit in Anspruch. Ich gehorche dem Prinzip der Lokalität. Bin ich ein makroskopischer Quantenorganismus?

Das will ich erläutern. In meinem unmittelbare Umfeld passiert nicht viel. Fast nichts. Jedenfalls nichts, das der Aufregung würdig wäre. Trotzdem bin ich erregbar. Erregen kann mich nur, was ich wahrnehme. Was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß. Um etwas zu wissen, muss ich messen. Messen heißt ja nicht notwendig, dass ich ein Experiment aufbaue und Laborbedingungen herstelle, wie das zum Beispiel passiert, wenn ich einen Meterstab aufklappe und eines der Enden an die Kante eines Gegenstands anlege, um dann die Länge des Gegenstandes durch Vergleich seiner anderen Kante mit der Skala auf dem Maßstab zu bestimmen. Messen heißt genauso, dass ich einfach nur schaue, höre, rieche oder spüre. Anders ausgedrückt: dass ich Daten über Wechselwirkung erhebe. Nehmen wir naiv an, es gebe Materie. Gegenstände sind aus etwas, das ich Materie nenne. Da haben wir gleich ein Beispiel für die Unschärfe unserer Kommunikation: wenn Georg Süßmann sagt, Gegenstand seiner Vorlesung seien die elektromagnetischen Erscheinungen, in deren Welt sich auszukennen erfordere, dass man sich mit der Materie der Operatoren Nabla, Laplace und d'Alembert einlasse, dann meint er damit nicht, dass Felder Materie sind oder Operatoren als Möbel in ein Zimmer gestellt werden können. Ich habe schon mehrmals von unterschiedlichen Leuten gelesen, Mathematik sein nicht nur eine Sprache. 'Nur'?, frage ich.

WERNER STELZNER

ERNST ABBE UND GOTTLOB FREGE

Ernst Abbe war sicher die Persönlichkeit, von der Frege in seinen wissenschaftlichen Grundsätzen am stärksten geprägt wurde, mit der er während der langen Jahre in Jena auch menschlich eng verbunden blieb und durch die Frege sozial die bei weitem wichtigste Unterstützung in Jena erfuhr. Wie die nur ein Jahr vor dem Tode Freges am 10. 3. 1924 entstandenen Tagebuchnotizen zeigen, war Freges Hochachtung für Abbe bis ins hohe Alter hinein ungebrochen:



Ernst Abbe

Professor Abbe in Jena ist einer der edelsten Menschen gewesen, die mir auf meinem Lebenswege begegnet sind. Er war, als ich in Jena studierte, zuerst mein hochverehrter Lehrer, besonders in den Fächern der mathematischen Physik. Dank seiner Vorlesungen ist mir die Einsicht in das Wesen dieses Wissenszweiges aufgegangen. Wie wenige Menschen haben eine Ahnung davon! Wie viele entbehren die strenge Zucht des Denkens, die in der Beschäftigung mit diesen Gegenständen liegt. Abbes Wiege hatte in einem Arbeiterhause gestanden. Der Adel seiner Gesinnung zeigte sich auch darin, daß er diesen Ursprung nie verleugnete. Daraus erklärt sich auch sein soziales Denken und Handeln. Sein Eintritt in die optische Werkstätte von Zeiss hatte zur Folge, daß er die mathematische Theorie der optischen Werkzeuge, insbesondere des Mikroskops weiter ausbildete, immer in engem Anschluß an die

Bedürfnisse und Ergebnisse seiner Aufgaben. Dadurch brachte er die optische Werkstätte von Zeiss zu hoher Blüte und wurde selbst ihr oberster Leiter. Er hatte nun endlich die Möglichkeit, die Pläne zu Gunsten seiner Arbeiter, deren Keime von seiner Wiege her in ihm lagen und die er dann während seines Wirkens im Zeisswerke ausgebildet hatte, zu verwirklichen. Er verwandelte das Zeisswerk zu Gunsten der darin beschäftigten Arbeiter in eine Zeissstiftung. Das Stiftungsvermögen hatte er selbst erarbeitet. In Wirklichkeit war es eine großartige Schenkung an die Arbeiter, nach Abbes Meinung aber hatten es die Arbeiter mit erarbeitet und gehörte es also ihnen von Rechts wegen. So glaube ich ihn recht verstanden zu haben. Es war ein aus edelster und echt christlicher Gesinnung hervorgegangener Versuch, die Arbeiter in ihrer wirtschaftlichen Lage und damit überhaupt zu heben.¹

Abbe hat Frege auf allen Etappen seiner wissenschaftlichen Laufbahn – für Frege vielfach im verborgenen – tätige Unterstützung gewährt. Es ist sicher

¹Frege, Gottlob, „Politisches Tagebuch“, S. 1068f.

Gottlob Frege kennen nicht allzu viele Leute. Ernst Abbe sagt auch nur wenigen Leuten etwas. [Carl Zeiss](#) – da klingelt was. Industrie kennt *man*. Warum hier [Gottlob Frege](#) auftritt? Er hat sei Leben der Vision gewidmet, eine vollkommen scharfe Sprache zu entwickeln. Nur in einer scharfen Sprache kann es gelingen, die Wirklichkeit vollständig in Aussagen zu beschreiben, die eindeutig als wahr oder falsch gewertet werden können. Gottlob Frege vollendete das aristotelische Programm der Dialektik, das nach der griechischen Antike erst durch Gottfried Wilhelm Leibniz wieder einen ordentlichen Schub bekam. Tragisch. Also: Sokrates gab den Anreiz, sich mit Logik zu befassen, Platon baute die Ideen seines Lehrers aus und Aristoteles schaffte als Krönung eine geschlossene schriftliche Darstellung des wissenschaftlichen Problems, sich 'verständlich' so auszudrücken, dass daraus wiederverwendbare Beschreibungen der Wirklichkeit würden. Dann kam Rom und walzte alles Geistige nieder in der abstrusen Idee, die ganze Welt müsse am erhabenen Wesen des Stärkeren genesen. Als hätte sich im Hintergrund kriegerischer, gieriger und idiotischer Machtambitionen um nichts als Herrschertum und Unterdrückung ein unsichtbares Feld der Neugier von gigantischer Höhe aufgebaut, entlud sich im siebzehnten Jahrhundert eine geistige Supernova und erzeugte spirituelle Schwermetalle, die du mit Fusion in einem stabil gemütlich vor sich hin brennenden Stern nie und nimmer kriegen kannst, weil für Kerne, die mehr Nukleonen enthalten als der [Eisenkern](#), die mittlere Bindungsenergie pro Kernbaustein zu schwereren Kernen hin abnimmt. Das heißt: der Massendefekt liefert für kleinere Kerne als Eisen Fusionsenergie und umgekehrt für größere Kerne als Eisen Friktionsenergie. Ich betrachte den Exzess des Aufstiegs von Rom zur Weltmacht als soziokulturelle Supernova, die Gesellschaftssysteme, Lebensformen und Vielfalt in der Gestaltung menschlicher Gemeinschaften vernichtete. Der spirituelle Sternenstaub formierte sich neu, enthielt jedoch nun eine Menge Eisen und viele schwerere Elemente als Eisen. Die Verteilung all dieser Explosionsrückstände definierte Potenzial-Landschaften, die nach dem Gesetz von Rayleigh und Jeans diverse Zentren für geistigen Gravitationskollaps auszeichneten. Und da war unter anderem [Gottfried Wilhelm Leibniz](#) in so ein Zentrum geraten, auf das in der Folge seines Lebens all die spirituellen Staubpartikel der abgekühlten, römischen Supernova hinab regneten, die von der verheerenden Explosion des römischen Machtanspruchs halt um Hannover herum verstreut schwebten. Dieser Kerl hat nebenbei auch gleich die binäre Zahlendarstellung erfunden.

Gottlob Frege schuf dann eine formale Sprache, die als Ausdrucksmittel der reinen Logik aufgefasst werden kann, aber leider nicht funktioniert. Die Menge aller Mengen, die sich selbst nicht als Element enthalten, ist eine Menge, von der nicht entschieden werden kann, ob sie ins Töpfchen gehört oder ins Kröpfchen. Legst du sie ins Töpfchen, ist sie fehl am Platz, weil sie sich dann ja selbst enthält und damit der Töpfchen-Regel widerspricht, dass da nur die Mengen rein sollen, die sich *nicht* selbst enthalten. Nimmst du sie aus dem Töpfchen wieder heraus, wird sie augenblicklich zu einer Menge, die sich nicht selbst enthält und erfüllt damit die charakteristische Eigenschaft derjenigen Mengen, die ins Töpfchen gehören.

Das Problem ist schon [Georg Cantor](#) aufgefallen. Aber dazu glaubte Gottlob Frege noch, er könne das Problem durch extrem saubere Definitionen lösen. Richtig weh tut dasselbe Problem dann aber in der Formulierung des [Bertrand Russell](#), der den Weg gefunden hat, die Antinomie von allen axiomatischen Eigenschaften zu trennen, so dass erkennbar wurde: es ist ein immanentes Problem der Logik an sich und nicht irgendwelcher sprachlicher Unschärfen, die jemand aus wetzen könnte. Gottlob Frege sah darin das unwiderrufliche Scheitern seines Lebenstraums und zerbrach innerlich. Was das auch heißen mag, innerlich zu zerbrechen. Es hört sich nett an und jeder kann sich etwas Beliebigen darunter vorstellen. Konsens ist in vielen Fällen schlicht deshalb möglich, weil der Gegenstand unendlich unscharf ist. Die Vorbereitung dient der Rückkehr zu den Aussagen von Hans-Peter Dürr. [m]

Hans-Peter Dürr sagt, es gibt keine Materie. Er versucht es zu erklären. Seine Sprache reicht dafür nicht aus. Er probiert es, indem er erklärt, die Sprache reiche dafür nicht aus. Wir bräuchten aber auch keine bessere Sprache zu entwickeln, weil die Grundlage fehlt. Die Welt sei nicht erfassbar vom menschlichen Geist. Daher sei es unmöglich, die Wirklichkeit sprachlich abzubilden. So eine Aussage greift einerseits ins Innerste des spirituellen Wesens und andererseits stellt sie einen Offenbarungseid der totalen Idiotie dar. Genau so fühle ich mich oft. Ich verstehe die Quantenphysik nicht, würde aber schon ganz gerne wissen, woraus ich gemacht bin. Selbstverständlich ist die Mathematik ein Teilgebiet der Sprache. Es ist genau dieses Teilgebiet, in dem sich hervorragende Denker sei Aristoteles darum mühen, die Unschärfe zu beseitigen. Daher der Exkurs zu Gottlob Frege.

Was ist Materie? Materie ist ein Wort, mit dem unterschiedliche Menschen verschiedene Sachen in diversen Kontexten ausdrücken wollen. Den Begriff Materie im Sinne des Logizismus festlegen zu wollen, funktioniert nicht. Der Logizismus an sich funktioniert nicht. Trotzdem sind wir bestrebt, uns auszutauschen. Austausch findet auf unterschiedlichen *Ebenen* statt. Was ist eine Ebene? Ebenen gibt es nicht. Oder? Stellen wir uns vor, Hans-Peter Dürr hätte gesagt: Ebenen gibt es nicht. Quasi ein Herantasten auf neutralem Gebiet, zu dem jeder einen relativ blendfreien Zugang hat.

Die Ebene ist ein geistiges Konstrukt, das sich der griechische Naturphilosoph [Euklid](#) ausgedacht hat, weil er sich für die Leistungsfähigkeit der aristotelischen Dialektik begeisterte in seiner Neugier, die Verknüpfung abstrakter Geometrie mit Zirkel und Lineal vollumfänglich zu begreifen. Die meisten Menschen kennen Ebenen. Die berühmteste Ebene der Moderne ist das Schlachtfeld in einem Fußballstadion. Der alte Grieche hätte das ein Rechteck in der Ebene genannt, weil die euklidische Ebene in ihren beiden vektoriell unabhängigen Richtungen Länge (von Tor zu Tor) und Breite (von Seiten-Aus zu Seiten-Aus) jeweils unendlich ausgedehnt ist. Das kannst du heute einigen Grundschulern und jedenfalls allen Fünftklässlern erfolgreich vermitteln. Der menschliche Geist kann sich eine Gerade denken. Eine Gerade kommt aus dem Unendlichen und geht ins Unendliche, ohne dabei irgendwo auch nur die geringste Kurve zu machen. Unser Gehirn extrapoliert die einzige Erfahrung, die es mit Raum gemacht hat, nämlich die lokale Erfahrung rund ums Ich. Ohne Schwierigkeit setzt das Gehirn die Linien für unten-oben, links-rechts und vorne-hinten fort. Das machen wir ja auch dauernd, wenn wir uns relativ zu unserer Umgebung bewegen. Wir führen also stets einen virtuellen, absoluten Raum mit uns, in dessen Koordinaten wir die Dinge einsortieren, die aus dem Außen in unseren jeweiligen, sinnlich erfahrbaren Eigenraum diffundieren. Wir orten eine Richtung, aus der uns ein Schallreiz trifft und wenden uns neugierig dorthin, um herauszufinden, welche Ursache den Schall ausgelöst hat. Dazu muss unser Gehirn all diejenigen Annahmen machen und Berechnungen durchführen, die Euklid in [Elemente](#) systematisch zu fassen versucht hatte. Euklids Werk Elemente fängt mit der Planimetrie an. Punkt, Gerade, Ebene. Gut zweitausend Jahre lang galt die euklidische Ebene als etwas wirklich Existierendes. Sie setzt einen unendlich weit ausgedehnten Raum voraus, in den du die Ebene legen kannst, ohne dass sie anstößt.

Um eine Ebene zu definieren, brauchst du mindestens zwei Objekte, zum Beispiel eine Gerade und einen Punkt außerhalb der Geraden. Eine Gerade gibt es aber nicht. Sende einen Laser-Lichtstrahl ins All und du hast die bestmögliche Darstellung einer Geraden. Aber seit Albert Einstein haben ungezählt viele Beobachtungen immer wieder gezeigt, dass der Lichtstrahl Kurven macht. Wenn das Geradeste und Unbeirrbarste, das wir kennen, nur auf krummen Wegen vorankommt, ist die euklidische Gerade ein virtuelles Konstrukt unseres Gehirns, zu dem die Natur keine Entsprechung kennt. Ist also die Gerade kein Bestandteil der Natur?

Die Gerade ist ein Konstrukt der Emergenz des Nervensystems und damit Natur. Das Gehirn synthetisiert das Objekt Gerade aus den Erfahrungen zur Bewegung im Raum. Die Erfahrungen betreffen stets lokale Messungen. Die Extrapolation der Erfahrungen liefert weit überwiegend viele Treffer und selten Irrtümer. Niemals hätte jemand durch einen Wald wandern können, wenn es anders wäre. Ein ausreichend langes Waldstück ist immer undurchsichtig. Trotzdem gehst du darauf zu, hinein und durch, bis du an einem anderen Waldrand wieder heraus kommst. Rehe, Hasen, Eulen und Füchse verwenden die Prinzipien der euklidischen Elemente offenbar ebenso. Ohne eine Vorstellung des absoluten, stetig fortsetzbaren Wegs durch ein undurchsichtiges Dickicht ist es nicht möglich, sich rasch durch einen Wald zu bewegen. Rasen mähende Roboter haben schon mit Blumenbeeten diverse Probleme.

Da die Gerade zwar eine natürliche Erscheinung der Emergenz des Nervensystems ist, aber als Ideal keine exakte Entsprechung in der physikalischen Wirklichkeit kennt, gibt es die euklidische Ebene nicht, die ja auf dem Ideal der Geraden aufbaut. In diesem Sinne stimmt die Aussage von Hans-Peter Dürr, Materie existiere nicht. Denn was wir uns unter der Materie vorstellen, ist auch eine Form der Idealisierung, die viele wirkliche Eigenschaften und Details der in der Natur vorkommenden 'Materie' vernachlässigt. Die Luft der irdischen Atmosphäre ist Materie. Gase waren die ersten ergiebigen Untersuchungsobjekte aus Materie auf dem Weg der Menschen von der heuristischen Alchemie zur systematischen Naturwissenschaft. Die konsistente Verknüpfung der makroskopischen Größen Volumen, Druck und Temperatur mit der Statistik zu den Bewegungsgleichungen der mikroskopischen Moleküle des realen Gases oder Atome beim idealen Gases, erfordert den gleichen Schritt der Abstraktion wie Euklids Gerade, nur in umgekehrter Richtung.

Ich war geneigt, es eine Intrapolation zu nennen, schreckte vor der Verwechslungsgefahr mit Interpolation zurück und nenne es letztlich doch auch Extrapolation. Denn der Eigenraum, in dem unsere ausschließlich lokalen Erfahrungen stattfinden, ist eine Schale endlicher Dicke – innen hohl und unzugänglich, außen hohl und unzugänglich. Die Quantenwelt ist von unseren Sinnen genauso weit weg wie die Galaxien außerhalb der Milchstraße. Unsere Rezeptoren sind blind für Abstände kleiner als etwa ein Zehntel Millimeter und Zeiten kürzer als etwa eine Zehntel Sekunde. Genauso blind sind sie für Abstände größer als die Entfernung des Horizonts und Zeiten länger als ein Menschenleben. Damit der Satz, Materie existiere nicht, mehr als nur einen provokativen Sinn für mich ergibt, muss ich aus ihm folgern können, dass die schwereren Elemente in meinem Körper nicht durch eine Supernova entstanden sind. Denn ich stelle mir unter Materie etwas vor, das mit winzigen Kernen und mächtig ausgedehnten Hüllen drum herum fast ausschließlich elektrische und ein kleines Bisschen gravitative Wechselwirkungen mit seiner Umgebung tauscht, dabei aber durchaus substantiell erstaunlich stabil in der Raumzeit hockt. Diese substantielle Stabilität will ich begreifen. Dürr beleidigt mich in diesem Wunsch, wenn er sagt, das sei prinzipiell unmöglich. Es sei das Prinzip der Natur, unbegreiflich zu sein. Und da schreie ich mit schmerzverzerrter Leidenschaft: nein! Es ist das Prinzip der Natur, mich neugierig gemacht zu haben! Ich stehe bloß mit Sprache auf Kriegsfuß. Aber ich denke trotzdem. Ich will wissen, wie die Welt funktioniert.

Gut. Ich glaube, wenn auch nur rudimentär, verstanden zu haben, dass Physik nur innerhalb meines Erfahrungshorizonts richtig gut funktioniert und außerhalb dieser Schale verwegen meinen gewohnten Extrapolationen zuwiderläuft. Die Gerade des Euklid ist eine mathematische Idealisierung, die sich anbot, weil es sich unser Gehirn leicht macht, unseren physikalischen Körper durch Wälder zu navigieren. Okay. Licht folgt dagegen der Raumzeitkrümmung, die auch nur ein mathematisches Modell ist, das sich halt bewährt hat, in kosmologischen Untersuchungen korrekte Vorhersagen machen zu können. Es gibt also in der Physik keine Objekte, die der Geraden entsprechen, weil sich, was wir als Raumzeit bezeichnen, nicht gerade verhält. Vom Kosmologischen zum Quantologischen bietet sich eine analoge Vorgehensweise an. Vielleicht. Kann ich in den Quantos zoomen wie in den Kosmos? Was entspräche dem in der Geometrie?

Bei all den Clips begnadeter Physiker kommt immer wieder die Affinität der Naturgesetze zur mathematischen Darstellung in die Waagschale. So, als müsste man die physikalischen Laien überzeugen, dass das, wovon sie am wenigsten verstehen, eben Mathe, der Königsweg, wenn nicht gar der einzige Weg, sei, den in der Natur herrschenden Beziehungen auf die Schliche zu kommen. Gerade habe ich herausgefunden, dass ich der Mathematik vertrauend die Raumzeit nicht verstehe und daher einen Laserstrahl als ideale Repräsentanz der Euklidischen Geraden annehme, obwohl das falsch ist, weil der Strahl krumm ist, was ziemlich dumm ist. Jürgen Ehlers hat mir das aber schön erklärt: Die Raumvorstellung Euklids war eine unzutreffende Näherung. Ich halte das hier mal fest. Das Beispiel mit der Geometrie des Euklids zeigt mir eine Mathematik, die spätestens nach Hilberts Überarbeitung 1899 intellektuell reinlich und damit saubere Naturwissenschaft ist. Sie bedarf keiner Änderung oder Korrektur, wenn wir merken, dass die Natur was anders macht. Denn die Natur richtet sich nicht nach der Mathematik. Die Mathematik ist ein von menschlichem Geist konstruiertes Gebilde der bestmöglichen Sprache, um auf der Grundlage dessen, was wir Logik nennen, Aussagen in ihrem Wahrheitswert zu beurteilen. Aber was ist heutzutage schon wahr? Ich halte es für gefährlich, die Physik, gerade wo sie der Intuition widerspricht oder [zu widersprechen scheint](#), freizusprechen durch das falsche Argument, die Mathematik sage uns eben, dass es so sei. Die Mathematik sagt nicht weniger und nicht mehr über die Welt als das, was in einem lebendigen neuronalen Netz vor sich geht. Ein platonisches Hirn, das sich mit den platonischen Körpern befriedigt, erfindet eine Mathematik, die seine Logik darüber zum Ausdruck bringt. Diese Mathematik ist ein axiomatisches System aus überprüfbaren Sprachkonstrukten mit normierter Bedeutung. Es gibt Gegenstände und Operationen. Es funktioniert. Gemacht wurde es, um auf natürliche Gebilde angewendet zu werden, deren Natur man noch gar nicht verstanden hatte, aber die man mit der Hilfe dieses Werkzeugs aus dem Sprachbaukasten besser verstehen können wollte. Das hat grandios gut geklappt. So gut, dass es sogar die Römer hergenommen haben, um damit Häuser zu konstruieren, Wasserkanäle zu bauen und Kalender zur Eintreibung von Schulden zu erstellen, obwohl sie die Wissenschaft dazu praktisch kein Stück entwickelten, sondern nur verwandten, was sie bei den unterjochten Zivilisationen fanden und einsackten. Mathematik ist ein sprachlicher Werkzeugkasten zum Lösen physikalischer Probleme.

Glaubst du nicht? Völlig egal. Das darf jeder sehen, wie er will. Ich sehe es halt so: nicht jede in sich korrekte Mathematik beschreibt ein bestimmtes physikalisches Problem richtig. Wenn die Physik beim immer genaueren Hinschauen nicht mehr zur Mathematik passt, die dafür entwickelt worden was, machen die Schlauesten unter uns eine neue Mathematik, die besser passt. Wenn Euklids Geometrie den Weg von Licht falsch beschreibt, macht jemand eine vierdimensionale Mathematik der gekrümmten Raumzeit. Wenn es keine Mathematik gibt, die Wechselwirkungen quantisierter Felder mit Quantenteilchen beschreibt, dann macht Richard Feynman seine Diagramme, die ihm zeigen, wie die Lagrange-Dichte zu integrieren ist, um die Lagrange-Funktion zu kriegen, aus der die Bewegungsgleichung errechnet werden kann. Da gab es die Mathematik nicht, die er gebraucht hätte, also bastelte er sich eine. Und die funktioniert. Mathematik ist keine heilige Kuh aus dem Kosmos, sondern eine faszinierende Ausgeburt des komplexen, natürlichen Apparates Namens Hirn. Eines Hirns, das sich über lange Zeiträume entwickeln konnte, weil es funktioniert. Die Welt ist schon da gewesen, als die ersten Mehrzeller mit den ersten Nervenzellen ausgestattet wurden. Dieser bescheuerte Fadenwurm hat schon Schmerzzellen. Da siehst du mal, wie effektiv der Nutzen des Selbsterhaltungstrieb optimiert wird, wenn der Organismus einen Rezeptor zum Auslösen von Qual hat. Ist doch klar, dass Parasiten, sofern sie ein Hirn besitzen, die Option nutzen, zu sagen: wenn du nicht spurst, tu ich dir weh. Manager zum Beispiel. Oder Könige, Diktatoren, Kanzler, ... [T]

Irgendwo habe ich erklärt, dass du ein Photon nur sehen kannst, wenn du es vernichtest. Weil du ein Photon strikt gar nicht anschauen kannst, sondern nur den Todesschmerz des Photons spürst, wenn es deine Chemie mit seinem Ableben erregt. Es ist auch logisch, dass ich einem Photon nicht zuschauen kann, wie es an mir vorbeifliegt. Ich sehe ja nur, wenn Photonen mein Opsin in der Retina bombardieren. Ein Photon ist ein Lichtteilchen. Das sendet freilich keine Lichtteilchen aus nach den Seiten, was es müsste, damit ich diese Lichtkindchen dann sähe. Wenn mich jemand fragt, ob man Licht denn nicht filmen könnte, auf seinem Flug, dann würde ich ihm erklären, dass jede Fotografie dadurch entsteht, dass sie die Lichtteilchen vernichtet, durch die dann die Information gespeichert wird. Klassisch wird ein Silberhalogenid durch den Einfang von Photonen angeregt, dadurch chemisch verändert und mehr braucht es erst mal nicht: das Photon ist weg. Es hat seine Energie in

der Beschichtung aus Silberiodid oder ähnlichem abgegeben und ist tot. Im Prinzip gilt das auch für CCD-Sensoren, die Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut und was auch immer es noch gibt. Detektion von Licht ist gleich Vernichtung des Lichts. [Und dann so was!](#)

Da redet der Josef Gaßner über Belichtungszeit, verflucht! Er sollte lieber erklären, woher das Licht kommt, das uns die Photonen von der Seite zeigt! Da muss doch das Licht auf seinem Weg irgendwas anregen. Aber weshalb verliert es dann keine Energie? Das sind doch viel interessantere und fundamentalere Fragen, als das Belichtungsproblem oder der hingetrickste Tscherenkow-Kegel. Einen beliebig starken Laserstrahl sehe ich von der Seite nicht. Wenn ich ihn doch zu sehen glaube, dann bewegt er sich durch streuenden Dreck, also etwa durch staubige Luft. Viele Photonen aus dem Laserstrahl stoßen an Staubteilchen, werden vernichtet, regen dabei Atome des Staubkorns an und ich sehe einige Rekombinationsvorgänge (Zerfälle dieser Anregungen), die zufällig gerade in meine Richtung laufen, um auf meiner Netzhaut einzuschlagen. Das ganze Streulicht, das ein Laserstrahl in andere Richtungen als seine (Haupt-)Ausbreitungsrichtung sendet, geht ihm aus eben dieser Hauptausbreitungsrichtung verloren. Er wird geschwächt. Andernfalls wäre die Energie ja auch nicht erhalten in dem System. Da stellt sich also die Frage, ob sie Streulicht eines ultrakurzen Laserblitzes fotografiert haben. Oder? Und erst, wenn dieser Sachverhalt geklärt ist, kann man die Technologie bejubeln, dass sie so eine schnelle Kamera gebaut haben.

Oder gibt es da noch eine Möglichkeit? Wie jemand ein Lichtteilchen *anschauen* kann, ohne es anzuschauen? Kann man so etwas irrwitzig Winziges bauen, präparieren und nutzen, dass es das Photon detektiert, ohne es zu stören? Es ist eigentlich auch schon wieder ein [alter Hut](#). Und trotzdem verblüffend, weil es einen ganzen Haufen derjenigen interpretatorischen Dogmen über Quanten Lügen straft, die mir vor wenigen Jahrzehnten von einigen der Spitzenphysiker auf dem Planeten meiner Zeit vermittelt wurden. Habe ich mich also geirrt, zu denken, es ginge nicht mehr viel voran? Dass das Wachstum des Wissens vererbt sei? Nun, es scheint mir eher so, dass wir noch immer damit beschäftigt sind, den Schlamassel wegzuputzen, den die Supernova-Explosion des Wissens zwischen [Ludwig Boltzmanns](#) Geburt und [Emmy Noethers](#) Tod angerichtet hat.

Ich brauchte wohl den Beistand von Leonard Susskind, dessen Strings inzwischen abzusaufen drohen, was mich freut, obwohl ich nicht einmal weiß, was Strings eigentlich sein sollen, um wieder zur Emergenz zu kommen, die diesen Kommentar durchzieht. Vielleicht ist das größte Beispiel für Emergenz, das bisher gefunden werden konnte, die Verknüpfung der Gesamtheit aller Mikrozustände eines Gases in dessen kinetischer Theorie und der makroskopischen Zustandsgröße Entropie desselben Gases.

Du hast ein Ensemble aus N mikroskopischen Gaspunkten, die du nur statistisch behandeln kannst. Die dazu passende Statistik heißt nach ihren Schöpfern Maxwell-Boltzmann-Statistik. James Clark Maxwell hatten wir schon wegen seiner (in moderner Schreibweise) vier Gleichungen, die den gesamten Elektromagnetismus als mathematisches Modell abbilden. Damals gab es in der Physik noch keine Quanten. In der Natur schon, aber in der Physik nicht. Physik ist nur die Beschreibung, nicht das Objekt. Mathematik ist nicht die Beschreibung der Natur, sondern bloß das Waffenarsenal dazu. Damit die Mathematik taugt, muss noch jemand filtern, welche Mathematik jeweils die richtige ist, um die nach dem Stand des Wissens bestmögliche Beschreibung für den jeweiligen, präparierten Ausschnitt aus allen Erscheinungen zu liefern. Jetzt schaust du dir das Ensemble an. Deine Gleichungen sind zunächst Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik, angewandt auf die Moleküle bzw. Atome des Gases. Du findest ein Ensemble dieser Gleichungen, die du freilich nicht alle ausrechnen kannst. Zehn hoch zwanzig oder so. Also brauchst du die Statistik, weil sie dir erlaubt, brauchbar zu mitteln. Das hat damals schon vielen Kollegen gar nicht gefallen. Statt handfester physikalischer Größen gab es jetzt auf einmal blöde, schwammige Wahrscheinlichkeiten. Aber siehe da: am Ende der Prozedur hast du verstanden, wie Druck funktioniert, wie Temperatur funktioniert und wie diese beiden mit dem Volumen und der Teilchenzahl verknüpft sind. Und dann der Hammer: Ludwig Boltzmann findet heraus, wie die Entropie mit all diesem statistischen Kram verknüpft ist.

Entropie ist eine Eigenschaft, die von keiner der Bewegungsgleichungen des Gases in der kinetischen Theorie erklärt wird. Der auffälligste Unterschied zwischen der makroskopischen Entropie und den mikroskopischen Elementen des dazugehörigen Ensembles ist eine Eigenschaft, die sich mit einem Bit an Information angeben lässt: Reversibilität ja oder nein.

Auch hier kommen die Koryphäen der Physik wieder nicht ohne Superlativ aus. Ludwig Boltzmann hat eine elementare Gleichung zur Beschreibung eines Aspekts der Natur gefunden. Die Konsequenzen der Theorie des Ludwig Boltzmann für die Physik werden als revolutionäre Umwälzung gerühmt: Materie sei aus Atomen zusammengesetzt und kein stoffliches Kontinuum. Das beobachtete Verhalten von Gasen und von Entwicklungsprozessen eines Gassystems wird jeweils überprüfbar und ohne Widersprüche zwischen Theorie und Experiment beschrieben durch die bekannten Bewegungsgesetze der bestens vertrauten Mechanik für die einzelnen, das Gas bildenden, mikroskopischen Teilchen und ein Kalkül, das notwendig ist, weil die schier unvorstellbar große Zahl dieser Teilchen es völlig unmöglich erscheinen lässt, all die einzelnen Bewegungsgleichungen des Ganzen auch nur für einen beliebig kurzen Schnappschuss hinzuschreiben. Die Loschmidt-Zahl der Individuen ist auch herunter geteilt auf ein winziges Laborvolumen eines Gases irrwitzig riesig. Der durchschnittliche [Atemzug](#) eines Menschen saugt rund eine [Trilliarde](#) Moleküle in die Lunge. Wenn du zum Hinschreiben der Bewegungsgleichung eines dieser Teilchen nur eine einzige Sekunde brauchen würdest, müsstest du also eine Trilliarde Sekunden lang permanent ohne Pause solche Gleichungen hinschreiben. Da ein Jahr, wie uns Berge Englert freundlicherweise verriet, ziemlich gut angenähert π mal zehn hoch 7 Sekunden hat, müsstest du mehr als doppelt so lang schreiben, wie das Universum seit dem Urknall bis heute existiert. Kein Mensch kann sich solche Zahlen vorstellen, außer ihre Benennung ist eine Geldwährung. Denn Geld ist die ultimative Emergenz spiritueller Feinstofflichkeit in allen egoterischen Kontexten; damit ist freilich alles möglich und deshalb sind die Seelen auch unsterblich, damit ihnen das Zählen der unendlichen, virtuellen Geld-Korpuskel gelingen kann. Für Atemluft allerdings stellt sich schnell heraus, dass es schlicht völlig unmöglich ist, die Bewegungsgleichungen ihrer Teilchen hinzuschreiben. Aber es gibt eine Möglichkeit, das Wesentliche dieser Gleichungen elegant in gewissen Summen oder Integralen zusammenzufassen. Dazu musst du eine geeignete Mathematik finden. Diese Mathematik ist die Statistik. Jeder blöde Spruch über Statistik hat nichts damit zu tun, was Statistik tatsächlich ist: nämlich eine berauschend saubere und hervorragend für ganzheitliche Betrachtungen thermodynamischer Ensembles entwickelte Mathematik zur korrekten Berechnung der physikalischen Wirklichkeit. Ludwig Boltzmann bekam mit dieser Methode heraus, wie die Entropie funktioniert.

Schau dir nur mal an, was da alles innovativ ist. Der Skalierungsfaktor k vermittelt zwischen dem Energieinhalt eines bestimmten Gaszustands {Teilchenzahl, Druck, Volumen} und der Temperatur dieses Gaszustands. k heißt Boltzmann-Konstante. Der Name und die saubere Klassifizierung dieser Größe stammen von Max Planck. Die Idee und die korrekte Vorstellung dazu kamen aber schon von Ludwig Boltzmann. Das heißt nun etwas ganz Erstaunliches: mittels der Größe k ist es möglich, Temperatur und Energie als zwei verschiedene Aspekte desselben anzuschauen. Wenn dich jemand fragt, was ist Energie, dann glänzt du mit der Antwort:

$$E = kT.$$

Wirst du von jemand anderem gefragt, was Energie sei, sage:

$$E = hv.$$

Fragt dich ein Dritter nach dem Wert von Energie, zitiere kurz:

$$E = c^2m.$$

Energie ist eine andere Einheit für Temperatur. Energie ist eine andere Einheit für Frequenz. Energie ist eine andere Einheit für Masse. Die Skalierungsfaktoren sind die Boltzmann-Konstante, das Heisenbergsche Wirkungsquantum bzw. das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. Vom mathematischen Standpunkt aus betrachtet ergeben die drei Gleichungen mit jeweils separiertem E auf einer Seite den Satz: $kT = hv = c^2m$ und es sollten sich triviale Umrechnungsfaktoren finden lassen, die uns erlauben, c sowohl aus k als auch aus h zu errechnen. Das haut aber nicht hin. Da steckt keine Physik dahinter, die wirkliche Systeme abbildet. Ein Schwarzer Körper der Temperatur T strahlt nicht nur Licht der Frequenz kT/h aus, sondern ein komplettes Spektrum mit allen Frequenzen, die allerdings unterschiedlich wahrscheinlich sind bzw. deren Intensität unterschiedlich ist. Wo liegt die unzulässige Vereinfachung? In $E = kT$ meint E den durchschnittlichen Energieinhalt eines Gasteilchens, also einen statistischen Wert bezogen auf alle Energiebeiträge der Gasteilchen. Wir wissen ja schon, dass das mehr sind als wir jemals auch nur hinschreiben könnten. In $E = hv$ meint E den einzelnen Energiebeitrag eines ganz bestimmten Photons, das aus solch einem Gas abgestrahlt wird, wenn das Gas überhaupt eine absolute Temperatur über 0 Kelvin hat. Zwischen diesen beiden Energien vermittelt also die Statistik und eine Summenbildung. Neugier kann uns treiben, nach dem Verhältnis der beiden Größen zu fragen: hv/kT . Da muss eine dimensionslose Zahl herauskommen, denn Zähler und Nenner dieses Bruchs haben jeweils die gleiche Einheit Joule. Damit kürzt sich die Dimension und es bleibt die nackte Zahl übrig. Kelvin ist die von Physikern bevorzugte Skalierung für Temperaturangaben. Sie ist der Celsiuskala sehr ähnlich. Ihre Schrittweiten sind gleich: ein Kelvin entspricht

dem Unterschied zweier Temperaturen, die sich auch um 1 Grad Celsius unterscheiden. Lediglich die Nullpunkte der beiden Skalen sind gegeneinander verschoben. Null Kelvin ist bei minus 273,15 Grad Celsius. Bei 0 K rührt sich kein einziges Gasteilchen mehr in irgendeiner Weise. Das kriegst du niemals hin. Der absolute Nullpunkt der Temperatur 0K ist eine mathematische Idealisierung, der keine physikalische Realisierung entspricht. Ein Ensemble auf 0K zu kühlen ist genauso schwierig wie es auf ∞ K zu heizen. Das wird einem vielleicht erst klar, wenn man es in einem Gedankenexperiment versucht. Temperatur ist die statistische Größe, die den mittleren Inhalt an Bewegungsenergie aller (unvorstellbar vielen) Teilchen angibt. Abkühlung erfordert, dass Bewegungsenergie aus dem System herausgenommen wird. Dazu muss also das System mit der Umgebung (Universum) verbunden sein. Wärme fließt 'immer' vom wärmeren zum kälteren System. Um diesen Vorgang umzukehren, muss ich pumpen. Wenn ich schon sehr viel und sehr gut gepumpt habe, sind nur noch relativ wenige Mikrozustände in jeweils niedrigen Niveaus der kinetischen Energie da. Zum Beispiel werden einige Gasmoleküle ihre Atome langsam gegeneinander schwingen lassen oder einige Korpuskel drehen sich 'mäßig' schnell um die eigene Achse. Manche Teilchen fliegen noch gemütlich durch das Gasvolumen – ist da noch von Gas die Rede? Spannend: es hat wohl ein oder zwei Phasenübergänge gegeben: von Gas nach Flüssigkeit und von Flüssigkeit nach Feststoff. Überraschung. Aber wie kriege ich diese winzigen Reste von Bewegungsenergie aus der Materie heraus, ohne durch die Kopplung an das Universum mehr Energie hineinzupumpen – was der Natur bevorzugter Weg ist: vom warmen Bad ins kalte System. Jeder Mechanismus zum Transport von Bewegungsenergie aus dem Inneren des Ensembles zur Oberfläche wäre für die dabei zu passierenden Nachbarpartikel ein Anregungsmechanismus. Stelle dir vor, du hast ein Atom, das sich nur noch langsam wie eine Schnecke auf dich zu bewegt. Intuitiv kannst du es doch bremsen, wenn du ihm was kleines genau so vor den Latz knallst, dass es durch den Stoß genau das Negative seines Impulses mitbekommt. Was ist die kleinste Munition, um einem einzelnen Atom Impuls zu übertragen? Vermutlich ein Photon. Damit das Photon seinen Impuls überträgt, muss es mit der Elektronenhülle wechselwirken. Das geht nur über einen Quantensprung. Die Bilanzen der Erhaltungsgrößen müssen ausgeglichen sein. Alles muss genau passen. Dazu musst du messen können. Stichworte: Kühlung durch Laser-Beschuss und Messung mit Frequenzkamm.

Es gibt keine Elektronik, die im Frequenzbereich von Licht oder auch nur Infrarot messen kann. Eine Billion Schwingungen pro Sekunde ist eben eine Menge Holz. Ein paar Milliarden kriegen wir elektronisch bestenfalls hin, das sind die Gigahertz-Taktraten moderner Computer. Terahertz nutzen wir in Mikrowellengeräten, aber das ist schon sehr trickreich und rustikal, weniger elektronisch als vielmehr geometrische Skurrilität, irgendwie. Aber für Messungen solcher Frequenzen gibt es erst seit fünfzehn Jahren eine Vorrichtung. Ich hatte das Glück, den Erfinder kennenlernen zu dürfen, weil er mal kurze Zeit mein Chef gewesen ist: [Theodor Hänsch](#). Es ist witzig, dass er die Professoren in Singapur 'fast' beneidet, weil dort junge Menschen noch zu hundert Prozent all ihre überschäumende Energie in Forschung und Arbeit pumpen, während in den satten Gesellschaften schon ein großer Anteil in private, außeruniversitäre Befriedigung abfließt. Wenn es überhaupt jemanden gibt, der bezüglich der Frage kompetent ist, wie ernst man die These von Edda Gschwendtner in meinen Reflexionen über [\[f\]](#), [\[g\]](#) und [\[C\]](#) nehmen darf, dann Theodor Hänsch. Und er erklärt es richtig. Innovationen bei der Instrumentierung treiben zwar den Fortschritt an, aber Instrumente macht niemand, weil er Instrumente machen will. Instrumente macht jemand, weil er den Weg sucht, wie es ihm gelingt, etwas herauszufinden, das er noch nicht weiß. Findet er jemanden, der ihm schlüssig und überzeugend erklärt, was er wissen will, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ist er damit zufrieden oder er hinterfragt, was er gelernt hat. Die Fragen, zu deren Lösung jemand ein Instrument baut, können Grundlagen betreffen oder Geld, das heißt: Wissenschaft oder Industrie. Auch dazu finde ich im Clip zu Theodor Hänsch den entscheidenden Aspekt: die Max-Planck-Institute verlangen von ihren Forschern nicht, dass sie vorher schon erklären, was sie wissen wollen oder wie sie es anstellen wollen, es zu erfahren. Das ist ein Risiko, wie auch aus der Formulierung 'Vertrauensvorschuss' ersichtlich wird. Menschen, die großen Wert darauf legen, Gewinne zu maximieren, werden sich darauf nur selten einlassen. Sie werden von Anfang an planen, kontrollieren und strafen. Damit haben wir zwei wichtige Indizien gefunden, die anzeigen, dass die Neigung groß ist, den Zuwachs von Wissen zu bremsen. Gier macht feige und Gier fördert das Streben in Management-Positionen; wenn also ein Wirtschaftssystem oder ein Bildungssystem lange Zeit scheinbar stabil wächst, vollzieht sich in der Regel unbemerkt ein innerer Wandel in der Führungsstruktur hin zur Verlustangst der Verantwortlichen. Verlustangst ist eine Sorte der Gier. Nach den Erfahrungswerten mit aufstrebenden Familienunter-

nehmen passiert der Knick im statistischen Mittel weit überwiegend in der dritten Herrschergeneration, wobei die Herrschaftsphase einer 'Generation' typisch etwa dreißig Jahre durchschnittlich andauert. Der Aufbau des Unternehmens Welt nach dem letzten allumfassenden Krieg begann vor 75 Jahren. Demnach sind wir in der Mitte der dritten Generation, an der zugrunde gehen wird, was die Gründer um 1945 ~ 1950 herum gestartet hatten. Wir sollten nicht allzu traurig sein, wenn das verlogene System der hinterfotzigen Propaganda pseudodemokratischer Hegemonie an sich selbst endlich erstickt. Leider wird es weder mit einer indischen noch mit einer chinesischen Weltherrschaft besser werden. Ist es nicht immer so, dass Reiche, deren Wissensvorsprung durch eine gefährlich attraktive Mischung aus Hybris und Verblödung verebbt, plötzlich überraschend von Rom geschnupft werden? Wurde China nicht von den Mongolen überrannt? Griechenland von Rom, Ägypten von Rom, Karthago von Rom, Vietnam von China, Korea von Japan, Japan von den USA, ... das Reich der Inka von Spanien war auch so ein Beispiel. Bei den Maya wissen wir es nicht und bei den Azteken war der Ofen wohl im Wesentlichen auch schon ziemlich aus, als die Spanier es vernichteten. Was wissen wir über Vietnams Kultur vor den Untergängen?



Der Mann, auf den der rote Pfeil zeigt, sieht einem anderen Chef von mir ähnlich. Theodor Hänsch leitete das Institut, nachdem die LMU meinem eigentlichen Chef die Institutsleitung entzogen hatte, nur als Interims bis ein Nachfolger bestimmt war. Es war sehr spannend, die Grabenkriege zu beobachten, die um den Lehrstuhl gefochten wurden. Wolfgang Zinth hatte eine überragend starke Lobby. Er hat auch den spannendsten Vortrag gehalten. Dabei ging es nicht um die Sensation, eine neue Physik erfinden zu müssen.

Zu meinen Kommentaren gibt es keine Zusammenfassungen oder Abstracts, wie die professionellen Neugierigen es zu nennen pflegen. Denn ich verbreite keine wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse. Ich zeige dir nur, was ich mit der höchst seltsamen Quelle Youtube anstelle oder diese Quelle mit mir. Im kurzen Einleitungstext zum Anhang steht schon ein bisschen was dazu. Mach dir das noch einmal klar. Youtube ist eine weltweit zugängliche, ins Internet eingebundene, offene Plattform für sendende wie für empfangende Nutzer. Das ist zunächst eine Gemeinsamkeit mit Wikipedia. Die Unterschiede dieser beiden Plattformen sind immens. Wikipedia bietet eine Art Peering-Community. Als Sender brauchst du dich nicht für eine Korrektur deiner Gaben anzumelden, weil ein riesiges Team von Nutzern unterstützt von gewaltig leistungsfähigen Screening-Automaten ständig alle eingestellten Änderungen am Gehalt prüft. Davor kannst du dich auch nicht drücken. Ich habe festgestellt, dass viele der sogenannten Administratoren dort sehr kompetent sind für jeweils mindestens ein Fachgebiet. Relativ vielen mangelt es phasenweise an Sozialkompetenz. Das ist für mich nachvollziehbar, weil ich selbst schon einige Male als Autor von Beiträgen in nervenzerfetzende Spannungszustände geraten bin – und das bei lächerlich kleinem Output, wenn ich es an den 'Edits' messe, die dort von einem Leistungsträger einfließen. Hochachtung! Ich kann auch von mir selbst sagen, dass ich es mir nicht abgewöhnen könnte, emotional an meine Grenzen zu stoßen, wenn ich mehr in Wikipedia machen würde. Den Stoff aufzuarbeiten, wie ich es mir im Sinne meiner eigenen Wunschvorstellung zu Lemmata zum Ziel setze, kostet volle Konzentration und ist ein Haufen Recherchearbeit verbunden mit dem Zwang, das meiste dessen, was man lernt, wegzulassen. Und du kommst immer in einen Bereich, in dem du dir nicht mit letzter Gewissheit sicher sein kannst, dass du alle relevanten Sekundärquellen gefunden hast, aus denen sich der korrekte Stand des bekannten Wissens zu deinem Thema fügt. Du hast als Autor in Wikipedia also schlicht eine Menge selbstgemachten Stress. Wenn jetzt irgendein arroganter G'schaftler her geht und deine Arbeit zerfetzt, ohne auch nur darüber nachgedacht zu haben, sondern bloß, weil er einen bestimmten Formalismus pflegt, mit Vorurteilen heran geht und sich mit seiner raschen, selbstsicheren Machtdemonstration vor der Community auszeichnen will, dann kriegst du paranoide Zustände. Ich jedenfalls. Damit habe ich bereits geoffenbart, dass ich mir für diesen Spezialfall selbst die notwendige Sozialkompetenz abstreite: ich eigne mich nicht als Stamm-Autor für Wikipedia. Das Klima kränkt.

Ganz anders Youtube. Es scheint keine Admins zu geben. Wenn es sie gibt, dann arbeiten sie heimlich im Hintergrund und nicht als gewählte Volksvertreter, sondern als Firmenmilitär oder Polizei. Solange dein Upload keine juristischen Gesetze verletzt, wird er ausgestellt, egal wie hirnerbrannt blöde der Inhalt auch sein mag. Das prädestiniert Youtube dafür, von den hinterletzten Idioten des Planeten begattet zu werden, von Vollhonks also, denen die mit Vernunft begabten Wesen im Alltag auf großzügig bemessenen Kreisen ausweichen. Die Plattform generiert Geld durch Werbung und zwar direkt. In Wikipedia gibt es keine direkte Werbung. Da müssen die Konzerne schon trickreich arbeiten, um im Stile der PR nach der Lehre des Edward Bernays ihre Botschaft loszuwerden. In Youtube dagegen gibt es immer wieder mitten in den Spot platzende Werbung von Finanzbetrügern, Autos, Wunderheilern, Banken, Schuhkonzernen und so weiter – offenkundig und mit dem frechen Angebot des Eigentümers, dass du diese Qualen mit Geld weg kaufen kannst. Die Clips von den unanständig vielen Egoterikern, die ihre hirnerbrannten, in sich völlig hirnrissig unlogischen Ideologien und ockerbraunen Dogmen in die Welt husten, sind genauso zum weg Schmeißen wie die Filme mit getürkten Perpetua mobiles. Aber: es ist gut, dass es sie dort geben darf. Ich begrüße es sehr, dass es diesen Querschnitt zu sehen gibt. Dass wir gezeigt bekommen, wo wir intellektuell stehen: in einem extrem weit gespreizten Feld von Geist zwischen totalem Wahnsinn und unglaublicher Klugheit. Ich finde es genauso gut, wie ich es unverzichtbar finde, dass es in Wikipedia das alles nicht gibt: die Ideologen, die Egoteriker und kommerzielle Werbung. Ich brauche beides: den gesellschaftlichen Querschnitt zwischen Vorträge haltenden Koryphäen und die Selbstdarstellung von Leuten, die mit ihrer Canon-Spiegelreflex-Kamera den unwiderlegbaren Beweis liefern, dass der Mond nur 80 km weit von der Erde weg ist und die Erde flach ist. Ich muss mir manchmal anschauen, wie brutal die Folgen auf das sensible Neuronen-Netz zuschlagen, die von den Angriffen derer ausgehen, die uns im Alltag [ständig belügen](#). Wenn es irgendeine Form von gemeinsamem Spezies-Bewusstsein geben sollte, dann hat dieses inzwischen Krebs.

Aber schau dir an, was für gescheite Leute sich da tummeln!

Wenn du das ernsthaft machst, werden dir tausend Fragen einfallen, von denen hundert schlau sind und wert, von dir erforscht zu werden. Geil!

LINKS [ausschweifend assoziierendes Motivation-Solo]

Für den Fall, dass du den Verdacht hegst, meine Interessen und meine Motivation fürs Publizieren derartiger, getarnter Selbstdarstellungen seien für dich von erheblichem Wert, zu urteilen, ob du überhaupt Zeit aufwenden solltest, den Empfehlungen zu folgen: nein. Du solltest gar nichts anderes dazu brauchen als deinen eigenen Verstand, deine eigenen Wertvorstellungen über das Spielen mit dem Geist, deinen Spaß an Unterhaltung oder dein beherztes Eintreten für die Aufklärung zur Eindämmung jeglicher Form von Absolutismus oder Fremdbestimmung. Dieses Kapitel hat also nichts mit dir zu tun, sondern nur mit meinem übersteigerten Bedürfnis, zu publizieren.

Mein Studium der Theaterwissenschaft mit den Nebenfächern Psychologie und Kunsterziehung war mir zu schwierig. So wechselte ich während des vierten Semesters das Fach und schrieb mich für Physik um. Auf diese Weise bin ich wenigstens zu ein paar Veröffentlichungen gekommen. Beim Springer-Verlag kannst du für schlappe 26,70 € den einen oder anderen Artikel kaufen, den ich geschrieben oder an dem ich mitgeschrieben habe. Wenn du mir ein Bier zahlst und dir beim Austrinken von mir erzählen lässt, was drin steht, kommen wir beide wesentlich besser weg, denn für dich ist das Bier deutlich billiger als ein entsprechender Kaufen-Klick bei Springer

Vorschau

Kapitel kaufen 26,70 €

und für mich wär' dein Bier mehr als nichts von Springer. Du findest mich halt nicht so leicht, wie Konzerne, die sich das Publikum teilen, dich finden:

Taschenbuch

54,99 €

2 Neu ab 54,99 €

Taschenbuch

54,99 €

1 Neu ab 54,99 €

Zugegeben, wenn du jeweils gleich ein ganzes Buch kaufst, kriegst du die Vorträge auch direkt beim Verlag mit Mengenrabatt, also quasi billiger:

▶ Softcover

54,99 €

Jetzt frage ich mich, was edler ist: auf YouTube Clips zu publizieren, um daraus ein Einkommen zu generieren, oder auf einem verödenden Seitenzweiglein des Netzes unergiebig Selbstbeweihräucherung zu treiben. Und? Was kommt dabei heraus, wenn ich mir das überlege?

Es gibt zu viele schlampige, hässliche, idiotische und faktisch unhaltbare Videos dort und es gibt neben all diesem perversen Schrott eine unüberschaubare Masse ästhetisch, qualitativ und inhaltlich guter bis hervorragender Werke. Für gute Clips musst du Erfahrungen sammeln, Equipment bereitstellen und Zeit aufwenden. Dazu bin ich jetzt nicht bereit. Film nutze ich bisher lieber als Rezipient, meine Leidenschaft fürs Herstellen gehört noch den Texten. Deshalb texte ich dich lieber zu. So schaut es aus.

Meine Themen sind Respekt, Fremdbestimmung, Massenhysterie und Idiotie. Die Sprache als Gegenstand sprachlicher Auseinandersetzung bringt mich regelmäßig an den Rand des Verzweifeln. Auf der einen Seite ist es umwerfend schön, sich klar zu machen, dass jede Art von Sprachforschung einem gepumpten Exziton im UV-Laser entspricht. Linguistik besitzt keinen Grundzustand, sondern existiert nur in diesem angeregten Zustand, Metawissenschaft ihrer selbst zu sein. Im gleichen Augenblick nämlich, in dem du das Instrumentarium, mit dessen Hilfe du Forschungsergebnisse mit anderen teilst, sie zur Diskussion stellst oder auch nur in Gedanken dir selbst überlegst, verwendest du Sprache. Wenn also der Forschungsgegenstand deiner Wissenschaft die Sprache selbst ist, kannst du diesen Forschungsgegenstand nicht untersuchen, beschreiben, analysieren oder auch nur benennen, ohne ihn selbst zum Instrument dafür zu verwenden. Das heißt insbesondere, dass dein Forschungsgegenstand nur existiert, wenn er angeregt ist, aber im Nu verschwindet, sobald du ihn nackt und unverfälscht isoliert sezieren möchtest. An einem ähnlichen Dilemma scheiterten schon die Psychoanalytiker der ersten Stunde: Sigmund Freud nutzte sein krankes Gehirn, um die Gehirne seiner Kranken zu untersuchen. Was hat er in den untersuchten Menschen gefunden? Genau seine eigenen Vorurteile, seine eigene Arroganz, seinen Stolz, seinen Geltungsdrang. Ist es ein Wunder, dass nahezu jeder Frau, die damals analysiert wurde, eine Hysterie diagnostiziert kriegte? Gut, das ist jetzt sehr plakativ. Die andere Seite der Medaille ist der Schmerz durch die Einsicht, dass es keine Messung ohne Artefakte geben kann.

Die Quantenphysik hat eine Forderung der klassischen Physik als absurd entlarvt: „Eine Messmethode für eine physikalische Größe darf keinen Einfluss auf den Wert dieser Größe nehmen.“ Dieses Ideal ist in der Praxis nicht zu erreichen. Trotzdem messen wir mit großem Erfolg ständig alle nur denkbaren physikalischen Größen. Wir mussten nur vor hundert Jahren den Absolutheitsanspruch aufgeben und „keinen Einfluss“ reduzieren auf „den kleinstmöglichen Einfluss“. Aber noch wichtiger ist eine andere Konsequenz, die sich erst in der Quantenwelt offenbart: die Messung einer physikalischen Größe *erzeugt* den Wert erst, den wir durch die Messung gewinnen. Das heißt, dass das gemessene System durch die Messung genau in derjenigen Weise verändert wird, dass es sich nach der Messung verhält, wie es zum Messwert passt. Die klassische Interpretation ist aber anders. Demnach habe der Forscher passiv hingeschaut und den Wert gefunden, den die Größe unmittelbar vor der Messung schon wohlbestimmt hatte. [F,G,E]

Texte sind mir vor diesem Hintergrund zur Hassliebe geworden. Sprache ist das maximal Hinterfotzige unter allen Instrumenten zur Pervertierung von Gefühl und Verhalten, die mir untergekommen sind. Ein Text ist das Instrument, mit dem ein Mensch seine Beziehung zu einem anderen Menschen misst. Die Beziehung erfüllt alle Eigenschaften einer Messung, die mir spontan einfallen. Der Autor misst das Absorptionsvermögen, die Polarisierbarkeit, die Reaktivität des emotionalen Hormonstoffwechsels und so weiter von seinem Leser, kriegt aber in der Regel keine Einzelmessergebnisse zurück, sondern nur ein paar Kritiken und eine Verkaufszahl pro Zeitstempel. Der Rezipient misst Eigenschaften des Autors. Bidirektional wird gemessen ... wenn ein Photon ein Elektron trifft, kannst du auch umgekehrt sagen, das Elektron ist an das Photon gestoßen. Kurz: jeder Text ist einer Quantenmessung vergleichbar. Der Text ändert den Leser in derjenigen Weise, dass er nach der Lektüre um die gemessene Quantenzahl genauer bestimmt ist. Der Text betont im Leser, was dem Leser vor dem Lesen zwar schon an Potenzial innewohnte, aber dieses Betonieren entspricht einem Kollaps: die Alternativen kollabieren. In der Quantenwelt entspricht das dem Übergang vom kohärenten Zustand in die Dekohärenz.

Schrift ermöglicht Tyrannen und Staatsgebilden, die Menschen von Grund, Boden und Nachbarn zu entfremden. Die ambivalente Deutung des Begriffs der Entfremdung setzt mein Satz bewusst ein, aber wenn ich es nicht

erläutere, wird es kaum jemandem auffallen. Nimm an, du schwimmst in einem Feld. Nimm an, es gibt nur dieses eine, einzige Feld, das ich als universelles Quantenfeld bezeichnen will – für dieses Gedankenexperiment. Alles, das existiert, geht auf dieses eine, universelle Quantenfeld zurück. Materie nimmst du als konkrete Dinge wahr, obwohl du weißt, dass jede Materie aus Atomen aufgebaut ist, die sich in anderen, davon komplett verschiedenen Dingen wiederfinden. Es ist schon nicht trivial, sich klarzumachen, dass ein Gletscher 'dasselbe' ist wie eine Wolke, Nebel, eine Pfütze oder der Atlantik. Komplizierter wird es, wenn du Zucker, Holz und Ruß vergleichst. Bis auf unterschiedliche, kleine Beimengungen von Stickstoff, Schwefel, verschiedenen Metallen und so weiter, sind sie aus denselben drei Atomsorten aufgebaut: Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff. Saphir und Rubin sind nahezu identisch zusammengesetzt wie Korund, mit dem Schleifpapier bestreut ist. Unterschied ist nur, womit die Aluminiumstruktur jeweils verschmutzt ist. Jetzt gehst du einen Schritt weiter und fragst, wie der Unterschied zustande kommt, wenn doch die Zutaten nur mit empfindlichsten Messmethoden unterschieden werden können. Du findest, dass es die räumliche Anordnung der Atome zueinander sein sollte. Wodurch ordnen sich Atome überhaupt aneinander? Durch physikalische Kräfte, zu denen wir hervorragende klassische Theorien entwickelt haben. Die bisher beste von Menschen entwickelte Beschreibungsform für Theorien ist die Mathematik. So kommt es, dass Mathematik die universelle Sprache der Naturwissenschaft wurde. Du kannst derzeit unmissverständliche Modelle der Naturgesetze nur mathematisch formulieren. Wenn du sagst: „Kraft ist Masse mal Beschleunigung“ ist es Mathematik. „Energie ist Boltzmann-Konstante mal Temperatur“ ist eine mathematische Gleichung. „Energie ist Planck-Konstante mal Frequenz“ beschreibt mathematisch einen wesentlichen Aspekt des Lichtquants. Der Satz: „Ein Photon ist proportional zur Temperatur“ ergibt trotzdem keinen Sinn. Es gibt also auch in der physikalischen Anwendung der Mathematik irgendeinen Kontext, ohne den die Formeln ihren Zweck verfehlen, sinnhafte Aussagen über die Natur zu machen. An dieser Lücke, die zu begreifen und besser noch, die zu verstehen jemand Naturwissenschaft intensiv studiert haben sollte, greifen jetzt die Brecheisen der geistigen Parasiten an: sie interpretieren mathematische Modelle, die sie nicht herleiten können, bequem mit esoterischem und spirituellem Geschwurbel, um Leute, die genauso faul oder unbegabt sind wie sie selbst, hereinzulegen. Um Kapital daraus zu schlagen, stemmen sie die Lücke zu einem großen Loch auf

und behaupten, einen Zugang zum geheimen Wissensschatz der Natur damit geschaffen zu haben, der jedem zugänglich sei. Tatsächlich kommt niemand hinein, der sich den Weg in seinem Gehirn nicht selbst bahnt. Was aber tatsächlich passiert: der Kern des Gebäudes der Aufklärung läuft voll mit dem Schlamm der unwägbaren Beliebigkeit und schließlich sinkt das Schiff, das unsere Ahnen über viele Jahrtausende mühsam als Arche gebaut haben, um die Gefahren des Hungers und der Sklaverei im Ozean des uns umgebenden Chaos zu minimieren. Lebewesen sind auf Nährböden angewiesen. Nährböden zu finden, erhaltend zu nutzen und behutsam zu mehren ist für Lebewesen aller Art eine innerste Triebkraft, an der sich schnell die Reibungsfläche zwischen individuellem Nutzen und Gemeinnutz ausbildet. Diesen Vorgang kannst du als Bifurkation [[Veritasium 2](#)] darstellen. Diese Bifurkation tritt im Apfelmännchen auf, wenn du es statt aus der Vogelperspektive von der Seite anschaust. An derselben Aufspaltung teilen sich Technik und Wissenschaft. Sie ist allgegenwärtig und universell in Prozessen zu erkennen, in denen ein Wachstum von etwas durch einen vom Wachsenden erzeugten Mangel an etwas begrenzt wird.

Entfremdung kann heißen, dass eine Fremdheit entfernt oder dass sie zugefügt wird. Je nachdem, wie du beim Interpretieren den Bezug setzt. Wenn Entfremdung Fremdheit entfernt, weißt du grammatikalisch nicht, ob die Entfernung ein Wegnehmen oder ein Hinzufügen von Ferne ausdrückt. Aber dennoch verstehst du, wie es gemeint ist, weil du Sprache nicht rein grammatikalisch deutest. Du nutzt für dein Verständnis die Konvention, das Verb entfernen immer nur dann zu verwenden, wenn eine Distanz vergrößert wird. Beim Entlausen siehst du eine Verminderung der Läuse, beim Entfernen siehst du eine Vermehrung der Ferne, beim Entsetzen erkennst du eine Vernichtung der gesetzten Ruhe, beim Entschluss winkt dir die Geburt des Endes deiner Entscheidungsqual; zu entscheiden heißt, einen Zweig der Bifurkation zu ignorieren und den anderen Zweig zu verfolgen, als hätte sich der Pfad in deinem Phasenraum gar nicht geteilt. Des Weges Scheide wird mit der Entscheidung unwirksam, die Scheidung wird aufgehoben zum Preis des Verwerfens einer Möglichkeit.

All diese Planschereien in Wortspielen ist notwendig für mein Anliegen, dir das Feld zu vermitteln, das die Basis für unser Gedankenexperiment ist. Ich bin also mitten drin im Erläutern, worin die Ambivalenz der Entfremdung zu sehen ist. Dabei hast du es längst verstanden. Dir hängen meine Beispiele für

Wörter mit der Vorsilbe 'ent' schon zum Hals heraus. Das ist aber nur notwendige Vorjustierung. Denn das Wort ist eine makroskopische Einheit von Sprache. Das Wort ist kein Element (im chemischen Sinn) von Sprache. In der Mengenlehre kannst du das Wort als Element von Sprache auffassen, aber nicht in einer Strukturlehre.

Ich habe viel darüber nachgedacht, wie die verstörenden Irritationen zustande kamen, als die Lehrpläne für die Grundschule Arithmetik durch Mengenlehre ersetzt. Neben unzähligen Detailproblemen scheint es mir heute als Bifurkation: Struktur oder Menge? Struktur ist ein Begriff, der nahezu ohne Dinge auskommt. Struktur ist die reine, abstrakte Idee der stabilisierenden Beziehungen von Kräften und Momenten. Sie wird dann mit Elementen dinglichen Charakters gefüllt – oder auch nicht - aber bei einer Struktur interessiert zuerst das Prinzip des gegenseitigen Stützens von weitestgehend abstrakten Stabilisatoren. Struktur wird oft synonym für Ordnung verwendet. Bei Menge denke ich mir einen unsortierten Haufen.

Interessant (im wahrsten Sinne des Wortes: inter esse = dazwischen sein, unentschieden sein, zwischen zwei Stühlen sitzen, hin und her gerissen darben, quasi Agnostiker zu profanem Thema sein) war der extrem dogmatisch geführte Krieg zwischen Gegnern und Förderern der Mengenlehre für Erstklässler. Das kannst du selbst recherchieren. Dabei muss es doch egal sein, wie ich Kindern die Lust auf mathematische Denkweise vermittele. Beide Ansätze führen zum gleichen Ziel und keiner der beiden Ansätze ergibt ohne den anderen einen tieferen oder auch nur erkennbaren Sinn.

Bei Menge assoziiere ich Objekte, Dinge, Unordnung. Bei Struktur assoziiere ich Prinzipien, Beziehungen, Ordnung. Menge passt zu den Wörtern eines Wortschatzes. Struktur erklärt, welche Beziehungen zwischen Wörtern in welcher Weise jeweils nach der Konvention erlaubt sind. Im Bezug auf Sprache: Menge ist was einfaches, eben ein strukturell armer Haufen von Wörtern. Struktur ist was komplexes, nämlich die Grammatik einer Sprache. Gehört 'komplexes' da nicht groß geschrieben? Du wirst beides finden. Früher habe ich es konventionell groß geschrieben; etwas Komplexes ist eine Beziehung zwischen dem Wort etwas und dem Wort Komplexes, wobei 'etwas' allerdings die Rolle eines Pronomens hat, also Stellvertreter für ein Hauptwort ist. Demnach hat 'Komplexes' in dieser Kombination die Rolle eines Adjektivs

und muss klein geschrieben werden: 'komplexes' ist das Attribut von 'etwas', welches dessen Eigenschaft näher beschreibt. Ich lese zwar häufiger in solchen Fällen großgeschriebene 'Attribute', die dann ja keine sind, sondern etwas, das ich nicht kenne. Dem 'etwas' folgt ein Relativsatz, wie ich es für Nomina kenne. Etwas, das ich kenne. Logisch, denn 'etwas' ist ja ein Pronomen, also ein Stellvertreter für ein Nomen. Wenn ich statt des Relativsatzes denselben Inhalt ohne Nebensatz ausdrücken will, kann ich schreiben: Etwas bekanntes. Ich würde mich nicht wundern, wenn mir diese Anwendung als Fehler angestrichen würde. Denn Sprache ist auf Konventionen angewiesen und Konventionen ergeben sich aus dem weitestgehend übereinstimmenden Gebrauch von etwas. Weitgehend übereinstimmend gebrauchen die Verfasser von Texten 'etwas' als Indefinitpronomen (wie 'keiner', 'jemand' oder 'vieles'). Ab hier wird es schwierig. Denn wir kommen jetzt zu einer Spaltung der Gesellschaft in zwei Klassen: solche, die Latein können und solche, die kein Latein können. Diese gesellschaftliche Spaltung geht einher mit der Spaltung der Wertigkeit von Kompetenz in der Gesellschaft: Kompetenz ist gut oder schlecht.

Wer (Interrogativpronomen) Latein kann, der (Relativpronomen) hat Probleme, sich (Reflexivpronomen) dem Konsens anzuschließen, der (Artikel) Plural von Nomen sei Nomen. Jedem (Indefinitpronomen), der (Relativpronomen) das Latinum hat, ist der Plural von Nomen als Nomina geläufig. Ich (Personalpronomen) habe kein (Indefinitpronomen) Latinum. Zwar hatte ich (Personalpronomen) auf dem humanistischen Zweig des Gymnasiums von der Fünften an Latein, aber meine (Possessivpronomen) letzte Zeugnisnote in der Elften war eine Sechs. Ich (Personalpronomen) durfte nur in die Kollegstufe vorrücken, weil mir (Personalpronomen) die Lehrerkonferenz in einem selten angewandten Prozess den Notenausgleich nach [§32 der GSO](#) in Bayern gewährte. Die verlinkte Formulierung des Paragraphen 32 trat erst lange nach meinem Abitur in Kraft; meinen Abschluss am Gymnasium verdanke ich trotzdem diesem Paragraphen, wenn auch in einer vorausgehenden Variante. Vorausgehend ist ambivalent, weil der viel zitierte Zeitpfeil stets vom Präteritum in die Richtung des Futurs zeigt, hier aber vorausgehend bedeutet, dass es eine früher in der Vergangenheit geltende Fassung der GSO war, die für meinen Verhandlungsfall in der Notenkonferenz Relevanz entfaltete.

Die Zehnte hatte ich wiederholt, weil mein erster Versuch, sie zu bestehen, mit zwei Sechsern endete: Latein und Englisch. In Französisch schaffte ich ge-

rade noch eine Vier. Du siehst daran, dass ich in Sprachen eine Null bin. Ich kann mir ums Verrecken keine Wörter merken. Ich komme mit dem Chaos des Wortschatzes nicht klar. Grammatik fällt mir leichter, aber bei den Pronomina haut es mich trotzdem oft genug aus der Kurve. Das geht den Sprachwissenschaftlers selbst so. Und zwar so stark, dass es zur Aufspaltung der Zunft kam: traditionelle Linguistik lehrt das Pronomen als Fürwort, das ein Nomen ersetzt, das aber anstatt statt eines Nomens auch vor einem Nomen stehen kann, um es näher zu bestimmen, ohne es an seiner Stelle zu ersetzen; dagegen fassen moderne Vertreter der Linguistik die Nomina prinzipiell als Substantive auf, verwenden zum Füllen der dadurch entstehenden Lücke solcher Nomina, die traditionell keine Substantive sind, den neuen Terminus der Nominalphrase und kriegen in ihrer Argumentation dann weiter hinten das entsprechende Problem trotzdem. Sie müssen nämlich auch erklären können, weshalb ein Adjektiv hinter dem Pronomen groß dasteht: etwas Warmes braucht der moderne Sprachwissenschaftler ja schließlich auch im Bauch; 'Warmes' ist ein substantiviertes Adjektiv.

Was lerne ich aus diesem Versuch, weitgehend gründlich zu erklären, was ich mit meinem Satz „Die ambivalente Deutung des Begriffs der Entfremdung setzt mein Satz bewusst ein, aber wenn ich es nicht erläutere, wird es kaum jemandem auffallen.“ zum Ausdruck bringen will?

Vertrauen, Dankbarkeit, Freude und Glück lerne ich.

Wie das?

Ich hatte die Gunst eines Lehrerkollegiums, das bei der Notenkonferenz dafür stimmte, mir die Erlaubnis zu erteilen, in die Kollegstufe vorzurücken. Ich hatte einen guten Grund, von meinem Studiengang Magister Theaterwissenschaft zum Studiengang Diplom Physik zu wechseln, da ich für den Magister das Latinum hätte machen müssen.

Übrigens bin ich auf diesem Weg auch mehrmals gescheitert. In mehreren Anläufen, die Anforderungen zum Erwerb des notwendigen 'Scheins' in Quantenmechanik zu erfüllen, legte ich klassische Bruchlandungen hin, die mich schließlich zur Aufgabe zwangen. Ich bin nämlich zu blöd für Physik. Jedenfalls auf dem Niveau der LMU. Daher meldete ich mich an der FH an.

Zumindest wollte ich das. Aber dort klärte mich der Beratungslehrer auf, dass mir von meinen bisher an der LMU erworbenen Leistungsnachweisen keiner angerechnet werde, weil zwar die Physik an Universitäten dieselbe sei wie an Fachhochschulen, aber den theoretisierenden Akademikern jegliche Praxis fehle. Zwar habe man mir die Maxwellschen Gleichungen nachweislich mit Erfolg beigebracht, aber ein praktischer Physiker müsse eine elektronische Schaltung entwickeln und zusammenlöten können, wobei dieser abstrakte Krimskrams, der im Jackson steht wenig bis gar nichts helfe. Bestenfalls könne er mich ins zweite Semester nehmen, weil da bereits das erste Industriepraktikum fällig sei. Aber da der Studiengang immer mit einem Wintersemester beginne, stünde das jetzt nicht zur Debatte. Also Erstsemester.

Das kam dermaßen arrogant für mich rüber, dass ich demoralisiert in den Zustand eines freiwilligen Autismus verfiel, statt mich frisch anzumelden. Ich nahm mir vor, in meinem letzten Halbjahr an der LMU zu bleiben, dort irgendwas Lustiges (substantiviertes Adjektiv, welches ein Pronomen näher bestimmt, daher nach Konvention groß geschrieben) zu belegen, das möglichst wenig Sinn, der nur unnötigen Druck aufbauen würde, ergibt und mich daher nicht davon abhält, möglichst viel Zeit mit meinen Kindern zu verbringen. Professor [Helmut Salecker](#) gab Relativistische Quantenmechanik.

Nimm an, du schwimmst in einem Feld. Nimm an, es sei das eine und einzige Quantenfeld, aus dessen Interferenzen mit sich selbst sich alle Strukturen ergeben, die du im Universum wahrnehmen kannst, also auch du selbst, deine Chemie, deine Physik, deine Gedanken sind raumzeitliche Kräuselungen des Feldes. Sogar Raum und Zeit selbst sind Eigenschaften des Feldes, denn sie ergeben sich aus der Existenz des Feldes, indem die Kräuselungen des Feldes gerade erst Wirkung erzeugen, Wirkung Abstände definiert und Abstände ihren Wert allein dadurch kundtun, dass es ein Prinzip gibt, nach dem sie überwunden werden können.

Zu viel?

Stelle dir einen Raum vor. Sonst nichts. Nur den Raum. Ohne alles.

Es ist das Nichts. Wenn du dir nicht irgendwas in deinem Raum drin vorstellst, hat der Raum keinerlei Eigenschaften. Weder hat er eine Dimensiona-

lität, noch Grenzen, oben, Wirkung, Farbe, vorne, Geruch, Länge, Richtung, Musik, Breite, Kraft, hinten, Höhe, Schönheit unten oder Angst. Ein leerer Raum ist nicht vorstellbar. Der Begriff Raum impliziert, dass du dir dazu Distanz vorstellst. Distanz ergibt nur Sinn zwischen etwas und etwas anderem. Ein Raum ohne etwas darin wäre distanzlos, hätte also keine Ausdehnung. Wenn du wissen willst, welche Ausdehnung der Raum, den du dir vorstellst, hat, dann erzeugst du ihn genau durch dieses Gebären der Vorstellung einer Messvorrichtung.

Es ergibt logisch keinen Sinn, zu sagen, der gesamte Weltraum sei angefüllt mit diesem Quantenfeld. Diese Aussage impliziert, es gäbe den Weltraum auch ohne das Feld. Als könnte ein entsprechend riesiger Dämon alles aus dem Weltraum verschwinden lassen und dann bliebe dort immer noch der Raum, wenn auch völlig leer. Und genau das ist Quatsch, weil – siehe oben – der Raum mit Eigenschaften verknüpft ist, also nicht leer sein kann. Das Feld ist also nicht in dem Raum, sondern das Feld erwirkt, dass Raum existiert als eine der wahrnehmbaren Eigenschaften des Universums.

Das verwirrt die meisten Leute, denen ich begegne: dass das Vakuum nicht leer sein könne, weil es da drin Vakuumfluktuationen gebe. Das sei vom Physikern bewiesen worden.

Ähm ... spielen diese Leute etwa auf so etwas an: [Quantenfeld-MOOC](#)

David Tong betont zwar mehrmals, dass es saumäßig schwierig ist, die jeweiligen Terme der Gleichung auszurechnen, die zusammen den Stand der Physik zum Thema einer Theorie von allem bilden, ... ich zeige dir am besten das Ding mit einem Schnappschuss aus seiner Freitagabend-Vorlesung für interessiertes Laienpublikum, damit wir eine Basis haben:

The theory of everything (so far)

$$Z = \int \mathcal{D}(\text{Fields}) \exp \left(i \int d^4x \sqrt{-g} (R - F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} - W_{\mu\nu} W^{\mu\nu} + \sum_i \bar{\psi}_i \not{D} \psi_i + \mathcal{D}_\mu H^\dagger \mathcal{D}^\mu H - V(H) - \lambda_{ij} \bar{\psi}_i H \psi_j) \right)$$

Den Vortrag von David Tong, in dem er Laien erklärt, diese Gleichung erkläre jedes Experiment, das jemals gemacht wurde, schaue ich mir gerne von Zeit zu Zeit an. Ich stimme nicht in allen Punkten mit dem überein, das er darlegt. Aber insgesamt halte ich es für eine sehr gute Zusammenfassung des Standes der Physik. Ein Kritikpunkt ist, dass diese Gleichung eine Art Stenographie eines Physikers darstellt und zum Beispiel der Term, auf den der Pfeil „Electromagnetism“ zeigt, keinerlei Aussage enthält, die mehr Wert hat als die Aussage „Elektromagnetismus“ anstelle des Terms hätte. Es gibt den F-Term, den G-Term und den W-Term, die alle drei gleich aussehen, weil es wohl Ähnlichkeiten gibt ... aber es ist akademischer Selbstbetrug, zu behaupten, jemand, der den Jackson gelesen hat kenne die Kernkraft. Wer kann mit den Termen dieser Gleichung etwas anfangen?

Den F-Term kann jemand zu Berechnungen nutzen, wenn er sich mit dem Rüstzeug ausstattet, das mir neben der Vorlesung bei Prof. Süßmann half, den Schein in TIII – Theoretische Elektrodynamik – zu erwerben. Für den Schein TIV – Theoretische Thermodynamik – schaute ich nur selten in den Reif; die Vorlesung von Professor Wagner war grandios in jeder Hinsicht und ich hatte ein Skript davon angefertigt, das jedes Lehrbuch in den Schatten stellte. Den Goldstein hatte ich mir erst gekauft, nachdem ich den Schein TI – Theoretische Mechanik – schon besaß; das war im zweiten Semester bei Professor Weidemann gewesen. Bloß TII – Theoretische Quantenmechanik – hat-

te ich gerissen. Mehrmals. Die Prüfungsordnung verlangte für die Zulassung zur Diplomprüfung einen Schein in Theoretischer Quantenmechanik. Mist:



Wenn du Laie bist und wissen willst, was denn so schwierig sein soll, auch nur einen dieser Terme zu lösen, dann fängt es schon einmal mit den Randbedingungen an: wie bringst du diese denn in so einem Term unter?

Konkret: in deiner alten Stereoanlage findest du als Teil der Endstufe des Verstärkers einen Transistor des Typs BDY39. Berechne mit der von Professor Tong angegebenen Gleichung die technischen Daten des Verstärkers.

Ha!

BDY39 reicht hinten und vorne nicht. Du brauchst die Randbedingungen, die sich aus der Beschaltung des Endstufentransistors ergeben. Dann musst du schrittweise verfeinern, also aus der kryptischen Stenographie der Formel die entbehrlichen Terme wegwerfen und die übriggebliebenen durch solche ersetzen, die den Randbedingungen Rechnung tragen. Für diesen letzten

Schritt kommst du nicht darum herum, den Inhalt des blauen Buchs mit der roten Schrift auf dem Rücken „Jackson: Klassische Elektrodynamik“ zu verstehen, außer, du darfst Vorverdautes anwenden, dann eignet sich das rote Buch rechts daneben „Tietze, Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik“ besser.

Jemand, der den Jackson kann, kann den Tietze-Schenk daraus ableiten, aber umgekehrt kannst du die Maxwell'schen Gleichungen nicht aus dem Tietze-Schenk herleiten. Die [Maxwell'schen Gleichungen](#) sind vier Formeln, deren physikalischer Inhalt im Jackson dargelegt wird. Diesen physikalischen Inhalt so weit schrittweise zu verfeinern, dass du am Ende spezifisch passende Formeln hast, deren Ergebnisse die technischen Daten deines Verstärkers repräsentieren, ist die Kunst, für die du ziemlich anstrengend studieren musst und ohne die das Gebilde der ganzen Theorie zunächst wie nutzloser Krimskrams aussehen mag.

Quantenmechanik hatte ich bei Professor Dürr genossen, an die anderen erinnere ich mich nicht. [Hans-Peter Dürrs](#) Veranstaltung war toll, aber auch bei *seinen* Übungen und der [Abschlussklausur](#) habe ich versagt. Ich war zu blöd für das Zeug. Durchgefallen. Wie einst in Latein. Okay. Strich drunter. Plan: in einem halben Jahr werde ich mit der abgespeckten Version noch einmal von (fast) vorne anfangen und vom neunten Semester Physik der LMU ins zweite Semester [Physikalische Technik an der HSM](#) wechseln. Bis dahin höre ich [Helmut Salecker](#). Der ist witzig. Der ist gut. Die Versuchung, sich Stress zu generieren, ist minimal. Wenn ich für Quantenmechanik schon zu blöd bin, brauche ich relativistische Quantenmechanik gar nicht erst ...

Eine sympathische Lerngruppe hat mich aufgenommen. Thomas Andreae nahm alles sehr locker und die partiell im Team zusammengebastelten Lösungen zu den Übungsblättern ergaben immer mittlere Wertungen, die sogar für jeden von uns Fünfen reichten, die Zulassung zur Abschlussklausur zu erlangen. Es war ein warmer, sonniger Tag und ich war nicht cool. Großer Mathe-Hörsaal in der Theresienstraße, Hilfsmittel: keine. Die Türen waren zuge-sperrt. In den Gängen begann es, eng zu werden: doch so viele! In relativistischer Quantenmechanik so viele Klausurteilnehmer, da schau an. Wozu haben sie dann den großen Hörsaal gebucht? „Thomas, vielleicht ... wenn ich in deiner Nähe ...“ Er schaut mich an, grinst und sagt: „Keine Sorge, das ist so gut wie gegessen!“ Endlich gehen die Türen auf. Fünf Assistenten, die unsere

Übungsblätter korrigiert hatten und die Übungsveranstaltungen zur Vorlesung gehalten hatten, sind als Wächter installiert. Drinnen liegen Namensschilder auf den Plätzen; alphabetisch. Mit Blick zur Tafel hinunter links unten (= vorne) A wie Andreae. Ich finde meinen Platz in der obersten Reihe (= hinten) nahezu isoliert. Jede zweite Sitzreihe ist leer. Zwischen je zwei Studenten sind jeweils zwei leere Plätze. Die Klausurteilnehmer verlieren sich in dieser Konstellation wie Goldnuggets im Rio Grande. Es war vermessen und idiotisch, noch einmal diese Hoffnung aufflammen zu lassen, dass es mit Haschi-Haschi vielleicht ja doch klappen könnte. Rechts von mir fünf freie Plätze bis zum Gang, der zwischen dem breiten Mittelblock und dem schmalen, rechten Seitenblock hinunterführt zur Tafel. Wo sich der schrullige, alte Nurd, der meine Übungsgruppe geleitet hatte, ein Aufgabenblatt zeigen lässt. Ich verstehe nicht, was sie reden, aber ich staune, wie er abwinkt und mit seinem Schulranzen aus Archäopterix-Leder zur Treppe des Gangs ... nein ... ja: er platziert sich in seinem abgewetzten Sakko aus der Requisitenkammer von Charlie Chaplin auf dem dritten Sitz rechts neben mir. Ich muss innerlich lachen. Was für ein Idiot ich bin. Es ist lustig, es ist was zum Genießen. Ich brauche überhaupt nicht nachzudenken, wie ich betrügerisch doch noch zu einem Abschluss kommen kann. Diese totale Aussichtslosigkeit macht auf eine unnachahmliche Weise frei. Mir wurde fröhlich ums Herz. Sie teilten die Aufgabenblätter zu viert aus. Der Assistent rechts neben mir packte seinen Tintenfüller aus. Nach einer Stunde begann er zu schwitzen und ich spürte einen der schönsten Freisprüche meines jungen Lebens: der Assistent gab den Clown, der ich nicht zu sein brauchte, weil er es unerreichbar gut spielte. Er machte es nur für mich. Sonst wäre es unerklärbar gewesen.

Die Aufgabe bestand im Kern darin, den Hamilton-Operator, der zur nichtrelativistischen Schrödinger-Gleichung eines isolierten, ruhenden Teilchens der Masse m führt, sinnfällig so zu modifizieren, dass das ruhende Teilchen den Prinzipien genügt, die Albert Einstein in der Relativitätstheorie dargelegt hatte. Der erste Stolperstein scheint mir heute die Vorstellung gewesen zu sein, dass ein isoliertes, ruhendes Teilchen Gegenstand einer relativistischen Untersuchung sein sollte, wo wir doch alle in der Relativitätstheorie gelernt hatten, dass relativistische Effekte im Grenzübergang zu kleinen Geschwindigkeiten (ruhend) und kleiner Gravitation (isoliert) verschwänden. Das sieht also vielleicht nach einer überzogen akademischen Haarspalterei aus. Aber in der Klausur stellte sich mir das Problem nicht, weil es in der Relativitätstheo-

rie freilich noch die Äquivalenz von Masse und Energie gibt und dem zu berechnenden Teilchen explizit eine Masse m zugeordnet war. Das war durchaus beherzt vorgetragener Inhalt der Vorlesung gewesen: $E = mc^2$ ist eine Energie, die gefälligst in den Hamilton-Operator geschrieben gehört. Den Assistenten zu meiner Rechten sollte das also nicht irritiert haben. Er wurde auch erst etwas später nervös und sogar fahrig. Es fühlte sich an, als tränke er mich mit der Gewissheit, dass mein Scheitern in diesem Fall keinerlei Schande sei. Der Mann wuchs mir ans Herz und ich schämte mich, ihn das ganze Semester lang als schmuddelig empfunden zu haben. Er war mein Schutzengel, der mir kühles Quellwasser in der Wüste des Untergangs hinterher trug, während er selbst zu verdursten drohte. Er gab mir einen Kondensationskeim für Mitleid, damit ich selbst von Leid frei blieb, denn Mitleid für ihn ging mich nur an der Oberfläche etwas an.

Sobald du den korrekten Hamilton-Operator richtig hingeschrieben hast, spaltet sich dein Lösungsweg in zwei Pfade auf. Entweder nimmst du ihn hin, wie er eben ist, dann hast du eine beschissene Quadratwurzel an der Backe. Kann leicht sein, dass jemand sich unter Zeitdruck in den daraus folgenden Schwierigkeiten verheddert: Nichtlokalität! Scheußlich. Oder du tust einfach so, als hättest du später immer noch Zeit, diese Wurzel zu ziehen. Und rechnest erst einmal mit dem Quadrat des Hamilton-Operators weiter. Das steht zum Beispiel im Bjorken-Drell als Königsweg ganz vorne drin und ich denke, Salecker hatte es uns an der Tafel kurz gezeigt. Wenn du jetzt sehen willst, was da draus wird, musst du Matrizen hinschreiben, klar, das war ja genau, was Dirac probiert hatte und es hatte ... hinschreiben. Ich schreibe es einfach hin, wie ich es gesehen hatte damals an der Tafel und dann wieder im Buch von Bjorken und Drell. Ich weiß auch schon, was hinten heraus kommen wird: ein Teilchen mit zwei möglichen Eigenwerten, die $+1/2$ und $-1/2$ sind und Spin heißen, weil das, was Dirac probiert hat die richtige Form der Schrödinger-Gleichung für ein Elektron ist. Rechts von mir zappelt der arme, alte Schutzengel inzwischen schon arg. Was ich da hinschreibe, ist wahrscheinlich nicht, was sie haben wollen. Was Salecker haben will. Ich bin für Quantenmechanik zu blöd und wenn es reichen würde, auswendig zu lernen, wie Dirac das Elektron aus der Hochzeit des relativistischen Hamilton-Operators mit der nichtrelativistischen Schrödinger-Gleichung gezüchtet hat, würde Saleckers Alt-Assistent das einfach machen und nicht anfangen, sein Lösungsblatt mit Schweißperlen voll zu tropfen. Er hat

sich aber vielleicht auch nur in der Wurzelgeschichte verheddert oder er hat die Klein-Gordon-Gleichung gelöst und wundert sich, dass kein Spin herauskommt ... aber das kann nicht sein, er hat unsere Übungen geleitet!

Erleichtert ging ich nach der Klausur zur U-Bahn, fuhr heim und redete mir gut zu, an der HSM schnellstmöglich meinen Physikalischen Techniker durch zu ziehen und dann Geld zu verdienen für meine vierköpfige Familie. Als sie die korrigierten Klausur-Blätter austeilten, freute ich mich, dass ich bestanden hatte. Ich hatte den Quantenmechanik-Schein. Die anderen vier aus meiner Lerngruppe hatten auch alle bestanden. Alle freuten sich und wollten Punkte vergleichen. Das beste Klausurergebnis hatte mit sogar ziemlich deutlichem Abstand der Typ mit dem Schutzengel zu seiner Rechten und das kann ich bis heute nicht erklären. Zuerst waren mir die anderen direkt ein bisschen böse, vor allem Thomas. Sie hielten mich für einen Mistkerl, der immer nur so tut. Klar, aber das legte sich bald und wir sahen uns alle nach Diplomarbeiten um. Da triffst du dich eh nicht mehr. Jeder, der mir was über Schutzengel erzählt, ist ein Lügner, außer er sagt, sie haben die Eigenschaft, die Klein-Gordon-Gleichung zu lösen, wenn die Dirac-Gleichung gefordert ist. Schutzengel sind Löcher im Fermi-Dirac-See der Gleichungen mit negativer Energie. Sie laufen rückwärts in der Zeit und haben invertierte Ladungen. Sie gehören im Lösungsraum der radizierten Hamilton-Operatoren zum Minus, das du dir einfängst, wenn du das Quadrat herunter brichst. Helmut Salecker ist 1999 gestorben. Meine Diplomarbeit wollte ich bei Rudolf Sizmann machen, der mir ein tolles Thema zur praktischen Nutzung der Sonnenenergie antrug. Leider gab es damals kein Budget, weil alle Forschungsgelder der staatlichen Institutionen aller NATO-Länder restlos für das SDI-Programm von Ronald Reagan verplant worden waren. Mach mal eine experimentelle Forschungsarbeit über einen neuartigen Massenspeicher für Sonnenwärme ohne Geld. Professor Sizmann hatte mir in der vorgezogenen mündlichen Diplomprüfung einen glatten Einser gegeben und dachte, ich sei cool. Ich bin aber nicht cool. Ich bin ein feiges Nervenbündel.

Vergleich mit einem Eichnormal lehne ich als Antwort ab, weil ich sofort fragen muss, wie das Normal geeicht wurde. Sicher nicht durch ein Eichnormal. Den Vergleich mit einem Eichnormal nennen wir Kalibrierung. Aber wie eichst du einen Maßstab für Länge? Im Idealfall machst du das durch eine reproduzierbare Verknüpfung der zu normierenden Eigenschaft mit einer Na-

turkonstante. Beim Celsius-Thermometer eichst du durch den Gefrierpunkt und den Siedepunkt des Wassers unter Normalbedingungen für Temperatur und Luftdruck die Skala mit je einer Marke für Null (Gefrierpunkt) und Hundert (Siedepunkt), dann teilst du die Strecke zwischen den Marken äquidistant in hundert Abschnitte, die Grad genannt werden.

Messung heißt eigentlich immer, die zu bestimmende Größe in einen Abstand zu wandeln. Fürs Messen brauchst du einen Messwandler, eine Skala und einen Zeiger. Die Skala kann ein Ziffernblatt sein, Millimeterpapier oder ein Meterstab. Der Wandler bewegt den Zeiger so, dass seine Spitze auf diejenige Stelle der Skala deutet, an der die Distanz zur Null der Skala proportional zu einer bekannten Funktion des Wertes der Messgröße ist. Letztlich ist eine Messung immer das Ablesen einer Distanz.

Worauf gründen alle Messmethoden für Distanz? [Licht](#). Genauer gesagt auf der Lichtgeschwindigkeit. Von allen erprobten und praktizierten Methoden ist das bisher unser gelungenster Ansatz. Distanz kann nur erfahren werden, indem du die Kopplung von Zeit und Raum nutzt. Der Tagesritt ist zwar weniger genau als das Lichtjahr bestimmt, aber die Idee ist ähnlich.

Alles, das existiert, geht auf dieses eine, universelle Quantenfeld zurück.

Demzufolge ist die relativistische Raumzeit eine Eigenschaft des Feldes und nicht etwa der Raum angefüllt mit sich sogar in dessen Leere während der Zeit kräuselnden Quantenfeldern.

Der Beratungslehrer an der HSM, der mir erklärt hat, dass ich bestenfalls ins zweite Semester der Physikalischen Technik wechseln könne, weil meine Nachweise von der LMU keinen praktischen Nutzen zur Anrechnung an der Hochschule hätten, hieß übrigens [Bösnecker](#): (nicht Robert!)

7.5 Diplomarbeiten

- M. Ettinger, Konzeption und Aufbau eines Teststands zur Bestimmung von Dichte und spezifischer Wärmekapazität von solaren Wärmeträgern, FH-München, Prof. Dr. Heilmann, November 1999.
- A. Hartmann, Entwicklung neuer Hard- und Software für eine mobile Meteorologiestation, FH-München, Professor Ries, FB Elektrotechnik, September 1999.
- C. Oberdorf, Simulation und dynamische Vermessung des Kollektorkreises einer großen solaren Brauchwasseranlage, FH-München, Prof. Dr. Bösnecker, Mai 1998.
- J. Schneider, Dynamische Vermessung einer großen Solaranlage, FH-München, Prof. Dr. Heilmann, 1999.
- F. Windmüller, Standardisierte Modellierung und Parameterstudie von großen Solaranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung, Studienarbeit am ITW Stuttgart, Prof. Dr. Hahne, Februar, 1998.

Ist das nicht witzig? Wenn ich die Diplomarbeit, für die mich Rudolf Sizmann so gerne verpflichtet hätte, gemacht hätte, hätte mich Herrn Bösneckers Diplomand in seiner sehr wahrscheinlich zitieren müssen ;-)

Stattdessen habe ich die Eigenschaften eines Automaten untersucht, der im mikroskopischen Bild von Zervix-Abstrichen Krebszellen erkennen soll. Der Automat war zwar relativ schnell, aber mit erschreckend hohen Fehlerraten behaftet – und zwar sowohl Falsch-Positiv als auch Falsch-Negativ. Die Aufgabe hatte eine Vorgeschichte, die ich erst erfuhr, als ich schon daran arbeitete. Professor Wilhelm Waidelich hatte einige 'wichtige' Männer von der bayerischen Regierung und von Siemens in sein Institut für medizinische Optik eingeladen, um sie vor allem mit dem Gerät seines Lieblingsassistenten Karl Schmid vertraut zu machen. Karl Schmid war ein begnadeter Elektronikbastler und hatte Herrn Waidelich bei einer Führung in der GSF Neuherberg als Student kennengelernt. Zum Großcomputer dort, der an einem Tag gerade einmal ein Abstrichpräparat untersuchen konnte, erklärte Herr Waidelich, versuche seine Arbeitsgruppe derzeit, die Präparate vorzuselektieren. Dazu würde dem Mikroskop eine Zwischenbild-Blende eingebaut, so dass nur dann ein strukturiertes Bild im Objektiv erzeugt werde, wenn das Objekt in einem bestimmten Größenintervall liege. Diese Vorselektion vermerke diejenigen Positionen des Objekt-Trägers, bei denen die schnelle, aber ungenaue Vorselektion Alarm gegeben habe, in einer Datei. Somit brauche dann die langsame, aber sehr zuverlässige Maschine nur noch die Alarmpositionen durchsuchen und das Automatenteam sei wesentlich schneller als der Groß-

rechner alleine. Allerdings rüttle die Schrittmotorsteuerung des Mikroskop-Tisches die Blende jeweils nach kurzer Zeit aus ihrem Sitz; es gehe da extrem genau. Karl Schmid sagte, er würde das Problem elektronisch mit einer Maske lösen; das Videosignal von der Objektiv-Kamera würde er in diskriminierter Form in ein Schieberegister geben und in Video-Echtzeit mit einem in Software programmierten Pixelmuster vergleichen, das die Größe eines entarteten Zellkerns simuliere. Die Anzahl der übereinstimmenden Pixel sei dann ein Maß für die Größe des Zellkerns, der gerade gefilmt werde. Ab einer gewissen, ebenfalls programmierbaren Schwelle des Übereinstimmungswerts würde er die Position als Alarm speichern und der Rest liefere wie gehabt. Erschütterungen seien dann unerheblich. Wilhelm Waidelich war begeistert und gab Karl die Aufgabe, den Apparat als Diplomarbeit herzustellen. Als die Honoratioren im Institut den Apparat besichtigten, fragte ein Manager von Siemens den stolzen Karl, wie groß denn die Falschraten sind. Karl sagte: Null. Das war sehr peinlich.

Karl wurde Doktorand und ich klopfte an, um nach einer Diplomarbeit zu fragen. Herr Waidelich erzählte mir die GSF-Geschichte, holte Karl dazu und beide führten mir den Automaten vor. „Wir möchten jetzt gerne wissen, wie genau die Ergebnisse sind, die der Apparat liefert, also wie oft er Alarm ausgibt, obwohl da nichts ist und wie oft er etwas übersieht, obwohl was da ist. Das ist eine Diplomarbeit, die ich ihnen vorschlagen kann.“

Mein Betreuer war der Erfinder Karl Schmid und schon meine Zwischenergebnisse nach wenigen Monaten waren niederschmetternd. Das Maskenverfahren konnte überhaupt nicht so programmiert oder justiert werden, dass brauchbar kleine falsch-negativ Diagnosen zu gewinnen waren.