

W
e
i
e
n

A
p
r
i
l

2
5



Exsitorial

Liebe Exsi-Leser:innen

Ich hoffe, Ihr seid nicht allzu verwirrt, weil Ihr aus Versehen zuerst die falsche Seite des Exsis geöffnet habt. Wie Ihr vielleicht schon erkannt habt, kann man diese Ausgabe von beiden Seiten lesen und Barbara hat uns grosszügigerweise gleich zwei zum Thema «Wellen-Teilchen» passende Titelbilder erstellt. Eigentlich habe ich, als (vermeintliche) Biochemikerin, mir vorgenommen, dieses Mal ein weniger PC-lastiges Thema zu wählen, aber aus aktuellem Anlass – dem **ein hundredjährigen Jubiläum der Quantenmechanik** – passte es einfach zu gut, und die Chance auf ein **Interview mit unserem vielleicht grössten Fan, Prof. Merkt**,¹ konnten wir uns nicht entgehen lassen.

Es erfreut mich sehr, dass die Nachfrage an unserem Blatt aktuell so hoch ist, dass wir sogar überlegen mussten, eine Wellen- und eine Teilchen-, statt einer Wellen-Teilchen-Ausgabe zu veröffentlichen. Und nachdem ich mich (zugegebenermassen nicht sehr lang) mit der Frage beschäftigt habe, ab wann eine «ausserordentlich lange» Exsi-Ausgabe eigentlich zu lang ist, bin ich schnell zu dem (totally unbiased) Schluss gekommen, dass **knapp hundert Seiten** noch zumutbar sind.

Inspiziert von der aktuellen geopolitischen Lage findet Ihr in diesem Exsi diverse Texte, darunter eine Buchkritik über *The Wave*

von Almaz, einen Artikel von Nonô über die **Schattenseiten künstlicher Intelligenz** und ein Essay von Leif über die **tragischen Auswirkungen eines unschuldigen Quecksilber-Atoms**. Wenn Euch all das zu düster ist und Ihr euch lieber mit der Politik der VCS beschäftigen wollt, könnt Ihr stattdessen auch zu **Daniels biblisch akkurater GV-Reportage** blättern.

Weiter findet Ihr in diesem Exsi natürlich auch wieder ein **Spektrenrätsel**, sowie **Silvans Rezept für Summer Rolls**, die sich besonders gut zum Teil(ch)en anbieten. Während andere beim **Hafermilchtasting der NaKo** waren, war Aysan mutig und hat sich für den **ASVZ-Tester ins Muscle Pump** getraut.

Für die Kunstliebhaber gibt es stattdessen eine Buchkritik von **Fosses Aliss at the Fire**, ein **Gedicht von Fiona**, sowie eine Analyse von **Hokusais Die grosse Welle vor Kanagawa**. Wenn euch das noch nicht anspruchsvoll genug ist, empfehle ich Euch auch **Ana und Annas Comic, «Welle-Teilchen-Duellismus»**, und wenn Ihr die darin vorkommenden Aspekte der Quantenmechanik nicht (mehr)² versteht, lohnt es sich vielleicht, **Raphaels und Samuels Texte über verschiedene Wellen-Interpretationen und die Heisenberg'sche Unschärferelation** zu lesen.

Ebenfalls in diesem Exsi erscheinen eine kurze Biographie Rémis über die **Pekuliaritäten von Paul Dirac** und ein **Interview mit**

¹Und die damit verbundene Rückkehr meiner Vorvorgängerin Lisa.

²So erging es zumindest mir.

Prof. Chen.

Um auch ein bisschen Abwechslung von den (hochinteressanten) PC-Themen zu haben, philosophiert Lara über die Art und Weise, **wie unser Gehirn Teilchen von Informationen verschlüsselt**, und Emma zeigt Euch die (organische!) **Chemie der Dauerwelle**. Ausserdem gibt Euch Luise, als Seglerin, einen Überblick über die **Entstehung von Wellen auf hoher See**.

Nebst der GV(s) fanden in der VCS natürlich auch noch andere grosse Anlässe statt: Lenny, Olga und Donata berichten vom **VCS-IChemEngSoc-Austausch in London**. Abschliessend darf auch **Prof. Dr. Exsikkator**, die unseren Studierenden unermüdlich Ihren Rat gibt, nicht fehlen.

Die grösste Neuigkeit unserer Zeitschrift hätte ich fast vergessen: Alte Ausgaben können jetzt jederzeit auf **unserer eigenen Website**³ gelesen werden. Beim Durchstöbern des **Exsikkator-Indikator-Hundazon-**

Archiv⁴ habe ich natürlich auch ein paar Magazine aus den 1970ern digitalisiert.

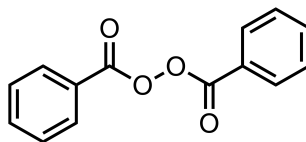
Damit wünsche ich Euch viel Spass beim Lesen und erholsame Ferien. Bis zum nächsten Mal!

Eure Samira

Samira

Lösung des letzten Spektrenrätsels

Im Spektrenrätsel des Symmetrie-Exsis handelte es sich um Dibenzoylperoxid.



³Zugänglich unter <https://exsikkator.ethz.ch>.

⁴Auf der Suche nach einem früheren Interview mit Prof. Chen, versteht sich.

Wellen-Teilchen

2	Prof. Merkt im Gespräch	4
3	<i>The Wave</i> , by Todd Strasser	16
7	Die grosse Welle	37
8	What Quantum Mechanics Does to a Man	40
9	Waves Forever	42
10	Wellen	46
16	Demystifying Heisenberg's Uncertainty Principle	68
17	Waves, Particles, and Icebreakers	75
18	Welle-Teilchen-«Duellismus»	82
19	Ambivalenz	85
24	MAHgA	94

VCS

5	GV-Reportage	32
11	Studierendenaustausch	49
21	Auswertung des NaKo-Hafermilchtastings	88
25	Präsi labert	100

Exsi

1	Exsitorial	1
4	The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence	19
6	ASVZ-Tester	35
12	Prof. Dr. Exsikkator – Sprechstunde	51
13	Memes	53
14	Mind the Gaps	54
15	Prof. Chen im Gespräch	58
20	<i>Aliss at the Fire</i> , by Jon Fosse	86
22	Was zum Teil(ch)en	89
23	Spektrenrätsel	91

Prof. Merkt im Gespräch

Über die Geschichte der Quantenmechanik, das Leben eines Wissenschaftlers und vor allem über präzise Messungen

Samuel Wechsler, Nonô Saramago, Lisa Likhacheva, Samira Neff Prof. Frédéric Merkt benötigt für die meisten Lesenden des Exsikkators keine grosse Vorstellung. Als Dozent der Vorlesung PC III ist er weithin bekannt für seine lebendige Art, mit der er seinen Studierenden die molekulare Quantenmechanik vermittelt. Weniger bekannt sind vielleicht die Details seiner Forschungstätigkeit – als Leiter einer Gruppe am Institut für Molekulare Physikalische Wissenschaften erforscht er mittels hochpräziser spektroskopischer Methoden das (quantenmechanische) Verhalten von Atomen und Molekülen bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt. Als langjähriger Exsi-Leser stellte sich Prof. Merkt an einem Freitagnachmittag bereitwillig unseren Fragen.



sungen ihrer Spektren. Das sind aber auch Beobachtungen vom photoelektrischen Effekt und der Wärmekapazität von Festkörpern. All diesen Phänomenen war gemeinsam, dass sie nicht mit der klassischen Physik erklärbar waren. Wenn ich an diese Experimente denke, frage ich mich immer: Warum haben die Leute solche Messungen gemacht? Sie haben es sicher nicht getan, um die Quantenmechanik zu entdecken. Durch Forschung, insbesondere durch sehr präzise Messungen, hat man am Ende etwas eröffnet, an das man gar nicht gedacht hat. Dieser Fortschritt war gar nicht geradlinig.

Was sind die wichtigsten Beiträge und die wichtigsten Experimente in der Geschichte der Quantenmechanik? Das sind die üblichen Beobachtungen, die man diskutiert, auch in der PC III Vorlesung. Zum Beispiel sind das die Beobachtungen der Strahlung von Körpern im Gleichgewicht bei bestimmten Temperaturen und Mes-

Werden die nächsten Fortschritte auch so unvorhersehbar sein? Oder denken Sie, dass wir besser geworden sind, gezielte Experimente zu entwerfen? Die heutige Situation ist vergleichbar mit der am Ende des neunzehnten Jahrhunderts, als die Quantenmechanik entdeckt wurde. Heute haben wir ein vollständigeres

Modell, das Standardmodell der Teilchenphysik, aber wissen, dass dieses Modell nicht vollständig stimmen kann. Alle Präzisionsmessungen von mikroskopischen Systemen stimmen jedoch unglaublich gut mit den Vorhersagen des Standardmodells überein. Es sind eher makroskopische Beobachtungen, die nicht stimmen, auf der Skala des Universums. Jetzt ist wirklich die Zeit, in der man ähnlich vorgehen muss wie damals, am Ende des neunzehnten Jahrhunderts: **Immer besser und genauer messen.** Ihre Generation wird dann vielleicht sehen, was genau im Standardmodell der Teilchenphysik fehlt oder nicht stimmt.

Weil wir eben im Moment in einer ähnlichen Situation sind: Antizipieren Sie einen weiteren solchen riesigen Paradigmenwechsel, wie es ihn von der klassischen Physik zur Quantenmechanik gab, oder denken Sie, dass es vielleicht dieses Mal anders sein wird? Es werden ganz grundlegende Entdeckungen gemacht. Wenn Sie jetzt in der Literatur lesen, wieso man denkt, dass das Standardmodell nicht stimmen kann, lesen Sie, dass es das Standardmodell nicht erklären kann, wieso es im Universum fast nur Materie und fast keine Antimaterie gibt. Denn das Standardmodell sagt voraus, dass, wenn ein Materieteilchen produziert wird, auch gleichzeitig das entsprechende Antimaterieteilchen produziert wird. Wo ist die Antimaterie verschwunden? Was sind die dunkle Materie und die dunkle Energie? Es sind wirklich

ganz grosse Effekte, und die müssen eine Erklärung haben, die ganz neue Erkenntnisse involviert.

Die Quantenmechanik war in spezifischen Anwendungen sehr nützlich und wichtig. Heutzutage denken aber manche, dass diese ganze Teilchenphysik nicht so viel bringt, ausser dem reinen Wissen, woraus unser Universum besteht. Haben damals Leute auch so über die quantenmechanische Forschung gedacht? Für mich ist das eine Selbstverständlichkeit der Grundlagenforschung, dass es später Anwendungen geben wird. Welche dies sein werden, ist im Voraus völlig unbekannt. Alle, die Grundlagenforschung betreiben, haben sicher ein konkretes Ziel. Aber zu welchen Ergebnissen ihre Forschung führen wird, hat meistens keinen Zusammenhang mit diesem ursprünglichen Ziel. Die Entdeckungen führen immer zu Überraschendem. Ende des neunzehnten Jahrhunderts dachte man beispielsweise noch nicht, dass sich Teilchen wie Wellen verhalten können – diese Einsicht kam erst später. Man hatte auch noch keine Ahnung, dass es nichtlokale Quantenkorrelationen gibt, die heute auch technisch in den Bereichen der Kommunikation und Informationsverarbeitung massgeblich sind.

Gibt es aber nicht auch eine grundlegende Neugierde, ein Bedürfnis zu verstehen, wie unsere Welt funktioniert? Innerhalb des beschränkten Blickwinkels,

den man zu einem gegebenen Zeitpunkt hat, gibt es immer eine Vorstellung, wie die Welt funktioniert. Mit der Zeit ändert sich diese Vorstellung durch neue Erkenntnisse. Das Bedürfnis, zu verstehen, wie unsere Welt funktioniert, ist eine der stärksten Triebkräfte der menschlichen Tätigkeit. Es kann nicht gestillt werden, auch wenn die entsprechenden Anstrengungen durch politisch begründete Sparprogramme gebremst werden. Sparen ist eine Tugend, aber man muss sparen, wo es sinnvoll ist. Natürlich wäre ich nicht hier, wenn ich nicht überzeugt wäre, dass die Grundlagenforschung notwendig ist. Und es gibt genügend Beispiele, die zeigen, dass die Grundlagenforschung sehr viel gebracht hat. Gewisse Leute haben ausgerechnet, welchen Gewinn ein Artikel von Einstein in Dollar oder Goldbarren eingebracht hat – das Resultat ist eine unglaubliche Summe – aber Einstein hat sich sehr wahrscheinlich überhaupt nicht darum gekümmert.

Inwiefern wird die Weise, wie wir Wissenschaft machen, wie wir unsere Konzepte strukturieren, wie wir Experimente designen, immer anthropozentrisch bleiben und darauf basieren, wie unsere Intuition strukturiert ist? Ist das eine Einschränkung oder sind wir fähig, wirklich Outside the Box zu denken? Es gibt Beispiele, wo es gelungen ist, aber es ist schwierig. Man sieht natürlich alles aus sei-

ner eigenen Perspektive und hier sind Philosophen besser in der Argumentation als die Naturwissenschaftler. Ich denke, die Naturwissenschaftler sollen vor allem Hypothesen und Theorien aufstellen und präzise messen und verifizieren, ob die Theorien richtig sind oder nicht. Das ist eine **sehr klare Aufgabe** und vielleicht handeln Sie schon Out of the Box, wenn sie präziser messen, als es zuvor möglich war. Ein anderer Weg besteht darin, sich ein Out-of-the-Box-Phänomen zu erdenken. Zum Beispiel könnte man spekulieren, dass es neben den vier fundamentalen Wechselwirkungen¹ eine fünfte Kraft gibt und dann ein Experiment durchführen, um diese Kraft auszuschließen. Das ist eine Art Out-of-the-Box-Denken, die allerdings ein wenig künstlich ist.

Wenn Hunderte Wissenschaftler das machen, können wir viel Neues entdecken! Wenn wir einer unendlichen Anzahl an Affen Schreibmaschinen geben, wird jemand von ihnen das ganze Werk von Shakespeare aufschreiben. Ich finde es eine interessante Denkweise! Die Grundidee ist, dass wir Affen sind! Das kann niemand verneinen. *Lacht.*

Was würden Sie als Beispiel geben für ein Verständnis, das uns die Quantenmechanik gegeben hat, das philosophisch auch unsere Sichtweise stark verändert hat? Mich haben diese Diskussionen eigentlich

¹Die Interaktion von physikalischen Objekten wird durch vier fundamental unterschiedliche Kräfte (sog. fundamentale Wechselwirkungen) beschrieben: Dazu gehören die Gravitation, der Elektromagnetismus sowie die starke und schwache Wechselwirkung.

ein bisschen kaltgelassen. Für mich ist eines der wichtigsten neuen Aspekte der Quantenmechanik das Superpositionsprinzip. Es ist sehr bereichernd zu verstehen, dass ein System sich in einer Superposition von Zuständen befinden kann. Man kann diese Manifestation philosophisch sehr weit diskutieren. Als Wissenschaftler habe ich aber vielleicht nicht genügend Kompetenz, um alle Subtilitäten dieser Diskussion nachzuvollziehen. Für mich reicht dieser Reichtum der Superposition in der Chemie und der Physik.

Gehen manche Leute zu weit in diese Diskussionen? Zum Beispiel bei den Konsequenzen der Quantenmechanik auf den Determinismus. Quantenmechanik gilt ja hauptsächlich für mikroskopische Systeme, kann man solche Sprünge machen? Die Quantenmechanik macht extrem präzise Aussagen bezüglich den Mittelwerten vieler Messungen. Natürlich ist eine einzelne Messung nicht deterministisch, aber manchmal wird dieser Aspekt in der Diskussion übertrieben. Man hat das Gefühl, **das Problem wird so dargestellt, wie wenn überhaupt nichts definiert ist, und das ist wirklich nicht der Fall.** Die Quantenmechanik kann ausserordentlich präzise Voraussagen machen, die nachher auch verifiziert werden können. Wissen Sie, wie genau ein Übergang im einfachsten Atom, dem Wasserstoffatom, von der Quantenmechanik vorausgesagt werden kann, und wie genau er gemessen werden kann?

Vielleicht zwölf Stellen nach dem Komma? Mindestens zwölf Nachkommastellen sind gesichert. Mit Atomuhren kann man bis zu 16, 17, bald 18 Nachkommastellen messen. Die Voraussagen der Quantenmechanik wären vielleicht so genau, aber die physikalischen Konstanten, die man braucht, um die Ergebnisse einer quantenmechanischen Rechnung in einer beobachtbaren Übergangsfrequenz zu konvertieren, haben eine zu grosse Unsicherheit. Und deshalb misst man auch, um diese Konstanten genauer zu bestimmen.

Wir haben uns am Anfang des Gesprächs gefragt: Was können wir jetzt noch entdecken? **Für mich ist ein Weg, etwas zu entdecken, immer präziser zu messen, mit der Hoffnung oder fast der Überzeugung, dass irgendwann einmal die Messung die Theorie widerlegt.** Zum Beispiel betrifft einer der Wege, auf denen nach Physik «beyond the Standard Model» gesucht wird, das permanente Dipolmoment des Elektrons. Das Standardmodell sagt ein Dipolmoment für das Elektron voraus, welches durch die Polarisation des Vakuums erzeugt wird, aber dieses ist ausserordentlich klein. Es gibt aber Theorien, die weitergehen als das Standardmodell und grössere Dipolmomente für das Elektron voraussagen. Hier kann man versuchen, durch sehr präzise Messungen eine dieser Theorien zu widerlegen. Die Vorgehensweise hat etwas Gemeinsames mit der Suche nach einer fünften Kraft. Und vielleicht findet man tatsächlich einen Wert für das Dipolmoment des Elek-

trons, der grösser ist, als vom Standardmodell vorausgesagt wird. Eine Erweiterung des Standardmodells müsste dann diesen Wert quantitativ erklären.

Überall gilt, dass präziseres Messen Entdeckungen verspricht. Es gibt aber in der Regel eine lange Phase, in der die Genauigkeit der Experimente noch nicht ausreicht, um die Theorie in Frage zu stellen. Dann gibt es vielleicht eine Phase, in der die Unsicherheiten der Konstanten verhindern, dass man eine Schlussfolgerung zieht. Im Moment ist man in dieser grauen Zone und da können viele lustige oder nicht so lustige Dinge passieren.

Es kann passieren, dass die Messungen falsch sind. Da muss man vorsichtig sein. **Wenn Sie ein Ergebnis erhalten, das die Quantenmechanik widerlegen soll, sollten Sie zuerst sicher sein, dass die Messung stimmt.** Aber die Messungen sind an der Grenze von dem, was möglich ist, und man weiss teilweise nicht einmal, was die systematischen Fehler sein könnten. Es ist ein Thema, das sehr kompliziert ist, aber auch sehr spannend!

Ein Beispiel dafür ist das Protonradiusrätsel. Der Ursprung dieses Rätsels ist eine Beobachtung, die im Jahr 2010 am Paul-Scherrer-Institut gemacht wurde, zu der Forschende des D-PHYS an der ETH massgeblich beigetragen haben. Sie haben durch Messungen von Übergängen im myonischen Wasserstoff (ein Proton und ein Myon, anstatt ein Proton und ein Elektron) her-

ausgefunden, dass die Grösse des Protons kleiner ist, als was man aus der Wasserstoffspektroskopie kannte. Das hat viel Diskussion hervorgebracht. Eine der Erklärungen war, dass ein Myon und ein Elektron in ihrer Wechselwirkung zum Proton zu anderen Eigenschaften des Protons und einem anderen Radius führen. Aber die Lepton-Universalität besagt, dass ein Myon und ein Elektron die gleichen Wechselwirkungen mit dem Proton haben sollten. Das war ein Ort, an dem man zuerst gehofft hat, dass es vielleicht eine **Lücke im Standardmodell** gibt, aber das hat sich nicht bewahrheitet. In meiner Gruppe haben wir letztes Jahr Messungen im Wasserstoffatom durchgeführt, deren Resultate die Messungen im myonischen Wasserstoff bestätigen. Das Protonradiusrätsel löst sich auf.

Dann würde ich das gerne als Überleitung benutzen, um mehr über Ihre Forschung der letzten 30 Jahre zu sprechen. Woran arbeitet Ihre Gruppe?

Zur Klarstellung: Auch wenn ich zur Zeit PC III: Molekulare Quantenmechanik unterrichte, forsche ich nicht auf dem Gebiet der Quantenmechanik. Meine Forschungsgruppe arbeitet primär auf dem Gebiet der hochauflösenden Molekülspektroskopie. In den letzten Jahren haben wir uns auch immer mehr mit der Untersuchung chemischer Reaktionen bei sehr tiefen Temperaturen, unterhalb 1 Kelvin, befasst.

Den Grund, warum wir Präzisionsmessungen durchführen, habe ich schon er-

klärt. Wenn man präzise misst, kann man die Theorie mit sehr exakten Ergebnissen konfrontieren. Diese Präzisionsmessungen sind nur in ganz wenigen Systemen sinnvoll. Sie wollen ein quantenmechanisches System haben, das vielleicht aus zwei, vielleicht drei Teilchen besteht. Wenn sie mehr als das haben, sind die Rechnungen nicht mehr exakt oder zu aufwendig. Interessante Systeme sind das Wasserstoffatom, das Heliumatom und für Moleküle H_2^+ , H_2 und vielleicht He_2^+ und He_2 . Neben diesen ganz einfachen Systemen gibt es sehr wenige Systeme, deren Eigenschaften sehr präzise gerechnet werden können. In meiner Gruppe untersuchen wir diese Systeme intensiv und wollen sie immer genauer messen.

Was bedeutet es, «präzise» zu messen? Man ist sehr abhängig vom SI-Einheitensystem. Wie messe ich eine Frequenz? **Die Referenz für die Messung ist die Definition der Sekunde**, die durch eine Anzahl Oszillationen des Lichtes bei einem Hyperfeinübergang des Cäsiumatoms gegeben ist. Die Sekunde ist exakt – ohne Unsicherheit – definiert. Wenn Sie eine Übergangsfrequenz messen, zählen Sie die Perioden der Oszillation des Lichtes und nutzen dabei eine Realisierung der SI-Definition der Sekunde in Ihrem Labor.

Die Genauigkeit der Messungen wird dadurch erhöht. Es gibt heute Netzwerke in mehreren Ländern, sogar auch staatenübergreifende Netzwerke, die die Definition der Sekunde durch Telekom-Fasern von

einem Labor zum anderen zirkulieren lassen, sodass alle wirklich dieselbe gute Definition der Sekunde haben. Es gibt viele wissenschaftliche Möglichkeiten, die sich dadurch eröffnen.

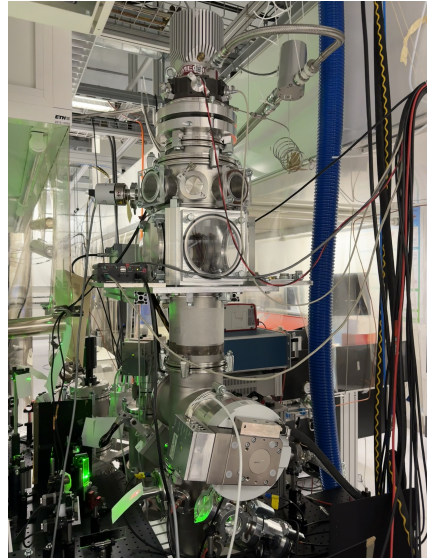


Abbildung 2.1: Durchführung einer der oben erwähnten hochpräzisen spektroskopischen Messungen an H_2 . Der kollimierte Gasstrahl bewegt sich mit Überschallgeschwindigkeit durch die Vakuumkammer, wo die H_2 -Moleküle dann durch ein Mehrphotonen-Anregungsschema in hohe Rydbergzustände versetzt werden. In diesen Zuständen wird die Ionisierungsenergie mit höchster Präzision bestimmt, um mögliche Abweichungen von den quantenmechanischen Berechnungen festzustellen.

Wir messen zur Zeit die Ionisierungsenergie vom Heliumatom, und da geschieht etwas sehr Interessantes: **Unsere Messungen weichen neun Standardabweichungen von der Theorie ab**. Und die Theorie enthält alles,

was man kennt. Das ist natürlich sehr aufregend! Woher kommt diese Diskrepanz? Zuerst vermuteten wir, dass unsere Experimente nicht stimmen. Wir haben die Messungen zuerst in Singulett-⁴He durchgeführt. Dann haben wir sie in Triplett-Helium wiederholt.² Und jetzt sogar auch in ³He durchgeführt. Und in allen drei Fällen weichen die Ergebnisse um den selben Betrag und mindestens 9σ von den theoretischen Voraussagen ab.

Man muss jetzt herausfinden, was das Problem ist. Das Resultat könnte ein Hinweis sein, dass es eine zusätzliche Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen gibt, die man bisher noch nicht gesehen hat. Sehr wahrscheinlich ist dies nicht die Erklärung, sondern ein Fehler in den Rechnungen oder in unseren Messungen. Und wir suchen natürlich nach systematischen Fehlern, bisher ohne Erfolg.

Das machen sie jetzt. Aber irgendwann haben Sie angefangen zu studieren. Was hat Sie anfangs an der Quantenmechanik und der physikalischen Chemie interessiert? Es war eine Mischung aus *Frustration und Faszination*. Meinen ersten Kontakt mit der Quantenmechanik hatte ich, als ich an die ETH kam. Ich kam drei Wochen ver-

spätet, weil ich im Militär war. Dann hatten wir eine Vorlesung von Professor Venanzi³ in der Allgemeinen Chemie und in meiner allerersten Vorlesung an der ETH hatte er an der Wandtafel geschrieben: $\hat{H}\Psi = E\Psi$ und gesagt, das sei die Grundlage der Quantenmechanik. Ich kam aus der Kantonsschule und habe die Gleichung abgeschrieben, dann habe ich Ψ in meinen Notizen wegestrichen und mich gefragt: «Was ist jetzt hier los?»

Die Quantenmechanik hat etwas Magisches, schon aus der Tatsache, dass man Ψ nicht wegekürzen darf. Dann gab es damals im dritten Semester die Vorlesung «chemische Bindung» von Professor Primas, die eine grosse Inspiration war.⁴ Er hatte auch eine Einführung in die Quantenmechanik als Buch mit Professor Müller-Herold veröffentlicht. Die Vorlesung war sehr schwierig, aber das Buch habe ich geliebt, weil es auch geschichtliche Aspekte der Entwicklung der Quantenmechanik gut darstellte und Konzepte gut erläuterte, auch philosophische Fragen. Dieses Buch, hoffe ich, beschäftigt Sie auch heute ...

Enttäuscht von unserem Schweigen. Damit habe ich die Wunder der Quantenmechanik entdeckt. Aber *ich wollte nie die Quan-*

²Bei Singulettzuständen haben wir antiparallele Elektronenspins, mit einem Gesamtspin von $S = 0$, während Triplettzustände aus parallelen Spins bestehen, die zusammen einen Spin von $S = 1$ haben.

³Professor am LAC von 1973, eine Distinguished Lecture wurde sogar in seinem Namen gegründet, und Prof. Togni hat unter ihm doktriert.

⁴Hans Primas, Professor am D-CHAB von 1962 bis 1996, beschäftigte sich über mehr als 50 Jahre mit dem Zusammenspiel von experimentellen, theoretischen und philosophischen Aspekten der Chemie. Zu seinen Doktoranden gehörte unter anderen Richard Ernst, der 1991 den Nobelpreis für seine Forschung auf dem Gebiet der magnetischen Kernresonanzspektroskopie erhielt.

tenmechanik zu meinem Forschungsgebiet machen, da es ein theoretisches Fach ist und meine Leidenschaft eher auf der experimentellen Seite der Chemie liegt. Die Spektroskopie ist eine Art angewandte Quantenmechanik, und das hat mir sofort gefallen. Während meiner Diplomarbeit habe ich mich entschieden, die Spektroskopie nach meinem Studium in einem Doktorat weiterzuverfolgen. Ich hatte ein Projekt in der Infrarotspektroskopie von Freongasen. Diese Gase waren damals wegen dem sich aufweitenden Ozonloch sehr wichtig. Mein Projekt in der Gruppe von Professor Quack bestand darin, ein hochaufgelöstes Infrarotspektrum von Vibrationsübergängen in CHClF_2 zu messen. CHClF_2 war als Ersatz für die vollständig chlorierten oder fluorierten Freongase gedacht, weil es weniger lange in der Atmosphäre verbleibt. Man wollte genau wissen, wo die Spektrallinien sind. Im Labor gab es ein Fourier-Transform-Infrarotspektrometer, mit dem man die Messungen durchführte – das Experiment stand bereits. Das Ergebnis war absolut verblüffend: Nach einigen Wochen erhielten wir ein Spektrum, welches ausgedruckt etwa 15 Meter lang war, und bei jedem Zentimeter dieses Spektrums gab es fünf, sechs Linien. Ganz scharfe Linien! Sie können rechnen, wie viele Linien das insgesamt ergibt. Einfach unglaublich! Damals hatte ich genügend Quantenmechanik in den Vorlesungen gehabt, um zu wissen, dass jede dieser unzähligen Linien einem Übergang zwischen zwei Zuständen

dieses Moleküls entspricht. Das war ein Moment, wo ich gespürt habe, dass es gut investierte Zeit ist, wenn man versucht zu verstehen, was alle diese Linien wirklich bedeuten: Ab diesem Zeitpunkt habe ich beruflich fast nur noch Spektroskopie betrieben.

Wo haben Sie Ihre Doktorarbeit weitergeführt? Die Doktorarbeit habe ich in Cambridge (UK) gemacht. Ich musste die Schweiz verlassen, weil ich nicht Korporal der Schweizer Armee werden wollte – damals konnte man als junger Schweizer gezwungen werden, Verantwortung im Militär zu übernehmen. Da habe ich mich gewehrt und bin ins Ausland gegangen.

Geflüchtet! Ja, es hat ein bisschen diesen Aspekt. Ich ging nach Cambridge und wurde dort im Darwin College aufgenommen. Nach einem Monat kam ein Brief vom Militärattaché in London, in dem ich als Deserteur bezeichnet wurde.

Nein! Ich musste in die Schweiz zurückkehren und einen Anwalt nehmen, um von der Korporalschule befreit zu werden. Ich hatte mich allerdings vor meiner Abreise nach Cambridge telefonisch im Bundesamt für Artillerie abgemeldet, und die hatten mir eine Bewilligung erteilt, nur hatte das Telefonat niemand schriftlich festgehalten! Und dann wurde ich befreit.

Damals hatte ich mich dafür interessiert, Spektroskopie mit einer neuartigen Klasse von Lasern zu betreiben, die im Vakuum-Ultraviolett, also bei sehr hohen Frequen-

zen, arbeitet. Ich habe dann in meiner Doktorarbeit so ein Lasersystem gebaut und genutzt, um Photoelektronenspektren von Gasphasenmolekülen aufzunehmen. Also, um zu studieren, wie ein Elektron aus einem Molekül nach Absorption eines Photons emittiert wird.

War Ihnen damals schon klar, dass Sie den Rest Ihrer Karriere in der Forschung verbringen wollen?

Nein! Ich habe mir fast nie Gedanken darüber gemacht, was ich in Zukunft tun werde. Ich ging nach England, um nicht Korporal zu werden. Ich wusste, ich wollte dann Spektroskopie machen, weil ich es intellektuell sehr befriedigend fand. Am Ende der Doktorarbeit kam die Frage, was ich tun sollte, und dann habe ich mich auf Postdoktoralstellen und auf Industriestellen beworben. Ich hatte relativ schnell Familie und Kinder, deswegen war es natürlich wichtig für mich, einen Lohn zu bekommen, mit dem ich für die Familie aufkommen konnte. Die Universität von Birmingham hat mir eine Chance gegeben, und dann die ETH. Und hier bin ich nachher sehr gerne geblieben: **Spektroskopie war damals meine Leidenschaft und sie ist es auch noch heute.**

Meinen Sie, dass die Leute heutzutage zu viel an diese Sachen denken? So viele Jahre in der Zukunft?

Ich denke, die Studierenden heute sind gleich wie vor 30 Jahren! Schon damals arbeiteten einige sehr zielgerichtet an ihrer Karriere, andere waren einfach intellektuell stimuliert und ha-

ben aus Leidenschaft gearbeitet. Was sich geändert hat, ist, dass heute alles etwas unsicherer scheint als damals. Wir hatten keine Sorgen, alles – zumindest in einer überschaubaren Umgebung – schien vernünftig geregelt zu sein, man hatte die Möglichkeit, sich einzubringen, wenn man bereit war zu arbeiten. Damals hat auch niemand gedacht: Wenn ich zu viel arbeite, riskiere ich meine Gesundheit. Heute gibt es etwas in der Gesellschaft, das die Leute verwundbarer macht. Wir hatten das Gefühl, wir wären gar nicht verwundbar. Heute ist es nicht so. Die Welt scheint bedrohlicher. Man ist bedroht durch die Umwelt – oder eher, man bedroht die Umwelt und bedroht sich selbst damit. Es gibt unvernünftige Regierungen. Es ist nicht so einfach für Sie, für die junge Generation, wie es für uns war. Aber es gibt immer noch gleich viele Leute, die einfach aus reiner Begeisterung studieren und forschen – davon bin ich überzeugt!

Ist es nicht repetitiv, so lange dieselbe Vorlesung zu geben?

Wir rotieren ja die Vorlesungen unter den Professorinnen und Professoren der physikalischen Chemie, so dass es nie langweilig wird. Ich habe über die Jahre fast alle Vorlesungen der physikalischen Chemie gehalten, abgesehen von «Magnetische Resonanz», weil es da einen Spezialisten oder eine Spezialistin braucht. Ich habe die Vorlesungen Allgemeine Chemie (PC), Thermodynamik, Kinetik, Quantenmechanik, Messtechnik, Sta-

tistische Thermodynamik, Spektroskopie und Advanced Spectroscopy gehalten. Meine Lieblingsvorlesung war allerdings die Vorlesung Allgemeine Chemie. Also, man wechselt, und nach einer bestimmten Zeit kommt man auf eine Vorlesung zurück, die man viele Jahre zuvor schon gehalten hat, und dann ändert man natürlich die Vorlesung. Es ist ein Entwicklungsprozess.

In diesem Semester kam etwas Neues dabei. Wir haben aufgrund eines NZZ-Artikels zum [100-jährigen Jubiläum der Quantenmechanik](#) eine Diskussion gestartet. In diesem Artikel wurde eine ganze Reihe von Männern porträtiert, die die Quantenmechanik gegründet haben sollen. Und jetzt reden wir auch über die Persönlichkeiten und zwar auch über Frauen, die in dieser Phase vor 100 Jahren tätig waren. Was waren Ihre Motivationen? Was haben sie wirklich getan? Was sieht man in den Veröffentlichungen? Das tun die Studierenden jetzt: Sie nehmen sich am Dienstag nach der Pause einige Minuten Zeit, um eine Person vorzustellen. Die erste Person hat über Paul Dirac gesprochen, und seine Beiträge bei der Entwicklung der relativistischen Quantenmechanik. Die werden wir in einem späteren Teil der Vorlesung noch etwas detaillierter anschauen.

Sie haben gesagt, dass Sie die Allgemeine Chemie am liebsten unterrichtet haben. Hat es auch damit zu tun, weil es eine Vorlesung für Erstsemestrige ist? Ja, dieses erste Jahr ist etwas ganz Spezielles.

Man hat Leute aus sehr vielen Hintergründen, mit einer bestimmten Reinheit, und [sie studieren wirklich, wie man studieren müsste](#). Später entwickeln einige Studierenden andere Gewohnheiten. Aber diese Anfangsphase, in der alle versuchen, möglichst gut zu studieren, ist sehr spannend. In der Vorlesung Allgemeine Chemie hat man schwierige Konzepte zu vermitteln, und man muss einen Austausch mit den Studierenden etablieren, und das habe ich wirklich geliebt. Wir haben dann für diese Vorlesung ein sehr ausführliches Skript geschrieben. Ich glaube, das ist immer noch im Umlauf.

Wir müssen das sogar in Papierform haben, für die Prüfung! Ich habe noch einige Kopien im Büro, ich kann Ihnen ein paar schenken!

Was für einen Ratschlag würden Sie einem Studierenden geben, der vielleicht gerade im zweiten oder dritten Studienjahr ist und sich Gedanken darüber macht, was genau er in Zukunft machen will? Sie wissen, welchen Ratschlag ich N-Studierenden bei jedem Beratungsgespräch gegeben habe.

Fleissig studieren! Ja, und das meine ich wirklich. Fleiss im positiven Sinne. Und für jemanden, der sich für das Experiment interessiert, ist mein Ratschlag: «Messen Sie präziser.» Das hat mit sauberer Arbeit zu tun und auch «studieren Sie fleissig» hat mit sauberer Arbeit zu tun. Das Studium ist der Moment, in dem man das lernen soll.

Was ist die Rolle der Industrie in der Forschung? Die Industrie ist eine sehr wichtige Triebkraft in der wissenschaftlichen Forschung und einige Firmen betreiben auch Grundlagenforschung auf sehr hohem Niveau. Dadurch entstehen wichtige Produkte und Erkenntnisse. In der Präzisionsindustrie in der Schweiz gibt es natürlich die Uhren und die Sensoren, die einem erlauben, zu messen, wie sich zum Beispiel die Umwelt verändert. Sie ist ganz wichtig.

An der ETH arbeiten alle, damit die Schweiz kluge, gut ausgebildete Leute hat, die die Industrie stimulieren. Die Schweiz hat die ETH deshalb gegründet. Das ist eines der wichtigsten Ziele unserer Hochschule, sowie eines der wichtigsten Ziele der Tätigkeit der ETH-Dozierenden.

Oft wird man gefragt, was man für die Gesellschaft tue. Ich unterrichte, und die Studierenden können das, was sie gelernt haben, in der Gesellschaft diskutieren und in der Industrie umsetzen. Es gibt dann auch diejenigen, die in meiner Gruppe eine Doktorarbeit machen. Das sind **Juwelen für die Schweizer Industrie**, weil sie fähig sind, komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu analysieren, technisch anspruchsvolle Projekte erfolgreich durchzuführen, und mit begründetem Fachwissen technologischen Fortschritt voranzutreiben. Die Industrie nimmt sie auch sehr gerne auf. Das ist vielleicht das Wichtigste, was ich tue.

Was war das Überraschendste, was Sie jemals in einer mündlichen Prüfung gehört haben? Ich weiss jetzt nicht mehr in welchem Fach, aber in der Prüfung kam Helium zur Sprache. Ich habe die Frage gestellt: «Wieso gibt es so wenig Helium auf der Erde?» Der Student antwortete, dass es kein Helium auf der Erde gibt, weil das ganze Helium vom Sonnenwind weggeblasen wurde. Und diese Antwort fand ich absolut erstaunlich, weil sie eine Mischung aus viel Wissen und viel Spontaneität war und auch aus Elementen bestand, die ich nicht nachvollziehen konnte. Es ergab sich eine gute Diskussion.

Was wäre die richtige Antwort? Bei Raumtemperatur ist die mittlere Geschwindigkeit eines Heliumatoms ausreichend, um das Gravitationsfeld der Erde zu verlassen. Deshalb gibt es davon extrem wenig auf der Erde. Es muss dann Quellen geben, – dazu gehören zum Beispiel radioaktive Mineralien – die ^4He erzeugen. Durch Radioaktivität wird kein ^3He erzeugt, also gibt es davon noch viel weniger.

Es gibt Forschende und Studierende, die sich für dieses Gebiet interessieren. Und dann gibt es auch Chemikerinnen und Chemiker, die in der Freizeit gerne musizieren und Bücher über Philosophie lesen. Klassifizieren diese Tätigkeiten als Ablenkung? Es gibt verschiedene Wege, sein Leben zu führen, aber das Gehirn hat die Möglichkeit, Befriedigung in vielen Dimensionen zu haben. Nicht nur intellektu-

ell, es gibt auch die Welt der Gefühle und als Mensch möchte man von allem etwas haben.

Gerhard Herzberg, der grösste Molekül-Spektroskopiker aller Zeiten, hat gesagt, dass vieles, was wir tun, sekundär ist. Primär ist das Menschsein. Und das Menschsein ist keine rein wissenschaftliche Angelegenheit. Die Künste und die Geisteswissenschaften sind zentral, auch für das Selbstverständnis der Naturwissenschaften. **Man braucht im Leben ein möglichst breites «Spektrum», um einen Begriff der Spektroskopie zu verwenden.**

Haben Sie selbst irgendeine Leidenschaft neben der Arbeit? Wenn man eine Familie hat, gibt es kein Problem, ein Leben zu führen, das im Gleichgewicht ist. Sonst mache ich auch gerne Musik, ich spiele Klarinette. In den letzten Jahren wieder mehr, seitdem die Kinder nicht mehr zu Hause sind. Und ich gehe auch sehr gerne in die Berge.

Was ist Ihre Lieblingswanderung in der Schweiz? Es gibt viele. Eine kleine Wanderung, die man im Alltag unternehmen kann, führt auf den Zürichberg. Die grossen Wanderungen habe ich auch gerne. Ich kann Ihnen eine empfehlen, die ums Val d'Hérens geht. Sie starten in der Nähe von Sion und gehen in die Schlucht. Dann gehen Sie langsam hoch und plötzlich kommen Sie, wenn Sie im Juni gehen, in die Blumenalpen. Dann kommen Sie in die Felsen, ins Schneegebiet. Dann gehen Sie um das Tal und kommen Sie wieder durch alle

diese Jahreszeiten zurück. Die Landschaften sind wunderbar. Ich kann Ihnen gerne den Weg auf einer Karte zeigen!

Bis dort brauchen Sie dreieinhalb Stunden im Zug. Aber hier gibt es auch viele sehr schöne Wanderungen. Sie können auf dem Uetliberg auf dem Grat wandern, bis der Grat aufhört. Sie können versuchen, zu sehen, wo Sie am Ende des Grates landen, und das ist auch ein bisschen Abenteuer.

Was ich als Kind sehr viel getan habe: Ich war bei den Pfadfindern. Wir hatten immer im Sommer ein Sommerlager, einmal im Tessin oder einmal im Wallis. Und dann gingen wir immer vorher zu Fuss, das waren manchmal mehrere Tage; und eine wichtige Erfahrung, weil man realisiert, wie gross die Landschaften wirklich sind, wenn man sie zu Fuss durchquert.

Haben Sie noch irgendwas zu sagen?

Ich finde den Exsikkator etwas Wunderbares und ich bin sehr glücklich darüber, dass die N-Studierenden in letzter Zeit eine so wichtige Rolle im Exsikkator gespielt haben. Das erste Mal, als Elizaveta mir ein Exemplar ins Büro überbrachte, hat das mir eine riesige Freude gemacht und seither lese ich jedes Exemplar. Der Exsikkator ist eine meiner Lieblingslektüren und etwas Gutes für das D-CHAB!

Wir freuen uns so sehr über Ihre grosse Unterstützung!



The Wave, by Todd Strasser

Almaz Joray



Title	<i>The Wave</i>
Year	1981
Author	Todd Strasser
Pages	144

Through alternating perspectives, *The Wave* by Todd Strasser tells the story of a class experiment in [extremist ideologies which got out of hand](#). After introducing his American classroom to the atrocities of the Nazis, the history teacher Burt Ross tries to improve the academic performance of his students and simultaneously conduct an experiment on them to see how easily a political movement can take hold. The students had expressed disbelief that

they themselves would fall victim to group mentalities and do things that they were not comfortable with in the name of the greater good. The movement which Mr Ross creates is called “The Wave” and follows the principles of “Strength through discipline, strength through community, strength through action.” The members are to follow militaristic behaviors such as rote memorization, straight posture and adherence to rank, and in return, they are part of a powerful community of equals. *The Wave* takes the whole school by storm, and soon non-members are being discriminated against. The final straw which convinces Mr Ross to end the experiment is when he hears about a Jewish student being beaten up by Wave members. He decides the best way to end this mess is by announcing to the school that the leader of the nationwide Wave movement will be speaking to them over television and then showing them a speech by Adolf Hitler. The students are shocked out of their stupor and realize that they had fallen victim to the same things they claimed to be better than.

One thing that the story does well is [shocking the reader](#) when they are told that it is based on real-life events. After finishing the book, the reader is left wondering how they would behave if they were to face this situation, which is an important question in today’s political climate. All around the world, right-wing ideologies are on the rise,

and with them comes a reminder of the last centuries' wars. In this day and age, a story like this can be valuable for being aware of one's own behaviors.

Though the book does not explicitly name any particular political ideology apart from the Nazis, what it effectively criticizes is fascism. Fascism has many definitions and many forms, but the Merriam-Webster dictionary describes it as

A political philosophy, movement, or regime that exalts nation and often race above the individual and that stands for a centralized autocratic government headed by a dictatorial leader, severe economic and social regimentation, and forcible suppression of opposition.

The trouble with extreme ideologies such as this is that they develop out of an authentic urge for change. In this story, the students are unhappy with their lives and find comfort and hope in the Wave. They feel like they are a part of something greater and feel a sense of community support for the first time. The more troubled the teens are, the more vulnerable they are to [being swept up in the spirit](#). People whose needs are not met are more likely to look towards drastic change and drastic measures. It is not automatically bad to support an organization which fulfills some of these needs and gives one hope, however, it is important to recognize when one begins to exemplify alarming behavior such as those the

teens in *The Wave* do.

On a more literary note, the book by [Todd Strasser did not manage to impress me with anything but the concept of the story](#), which was not even his idea. I found it quite unrealistic that absolutely none of the students had any understanding of the alarming community behaviors exemplified first by the Nazis and then themselves, such as chanting slogans, wearing emblems, and assimilation into a group mentality. Though I don't doubt that they would have joined in time, the fact that it took only five days for an entire school to completely surrender to the Wave and some supreme nationwide leader is a little bit far-fetched in my mind. Perhaps this disbelief is a symptom of my European sensibilities, which do not account for the American lifetime of near cult-like worship of one's country. After reciting the pledge of allegiance daily, one likely would become more comfortable with reciting other slogans with concerningly little critical thought. It is disappointing that Strasser is either unwilling or unable to address this in his book, negating the intended lesson of how ideologies can escalate even in our own life, since the real-life setting loses its realism.

The Wave is a novelization of a made-for-TV After School Special, meant to educate America's youth about the world around them and not to be masterworks in storytelling. In accordance with that, I suppose I can't get too upset at the [lack of depth in](#)

the characters of this novel, the corny dialogue or the subpar prose. I would still recommend this book to anyone who is interested in politics or history, especially as it could be a good entry point for reading in English. In my opinion, the most enjoyable version of this story is the 2008 German movie of the same name, as the acting and screenplay bring an energy into the story which Strasser failed to capture. The

director Dennis Gansel managed to flesh out the characters into believable people, and that has been invaluable in portraying the horror of seeing the people around you become radicalized.



The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence

AI Is a Resource-Hungry Beast, and We Keep Feeding It

Nonô Saramago I am sure nobody here is especially happy when they get their energy bills. Yet one particular character would be more shocked than most if they were to have a look at their bill: our good friend ChatGPT. While we often hear people talking about the costs of artificial intelligence (AI) in terms of “computational resources”, very rarely is the connection made between this abstract concept and material resources – energy, water, and natural goods – that are needed to train the LLMs that we already are used to employing on a day-to-day basis. In fact, while there is big talk about how AI can help us improve our efficiency in basically everything, most people have no clue about the fact that, when it comes to the environment, it might be doing more harm than good.



data centres, almost one thousand of which are hyperscale data centres (facilities with more than five thousand machines), and a billion households have a personal computer.^[1-3] People switch devices every so often because of planned obsolescence... or simply because the new model just launched.

Forty years ago, there were just a couple of thousand internet hosts worldwide, but today there are **five billion internet users**.^[4,5] This generation is growing up in an environment so entangled with the consumption of digital content that it is part of their identity. And while the internet started with simple, static websites, which didn't consume as much energy, most digital activity nowadays involves high-definition streaming, gigantic search engines and active social media interactions.

We are producing an ever-growing amount of data every year, reaching **149 zettabytes**

The Era of the Cloud

About eighty years ago, when scientists were building the first computers, there were probably fewer than ten such machines in the whole world. Nowadays, humanity has more than **seven thousand**

(21 zeros!) created in 2024.^[6] With the rise of big data, it has become commonplace to store monstrous amounts of data, in the hope that some data analysis might be able to extract actionable information from it. This requires computing power, which has also risen exponentially. The 500 most powerful computers combined reached more than 10 ExaFlop/s in November 2024, which is 30 billion times more than in 1993.^[7] This would naturally be impossible without the last-generation GPUs, which need many rare metals to produce.

Most of this data storage and computation happens “in the cloud”, which is the pretty name for giant data centres made of rows and rows of computers in a temperature-controlled environment. In reality, the only thing the cloud has to do with our atmosphere is how much it is contributing to turning it even more into a greenhouse. Data centres are responsible for 4.4 % of the total electricity use in the USA, the country with most of the data centres in the world.^[8] Globally, data centres and data transmission networks together account for 2–3 % of electricity consumption, and 1.8–2.8 % of global greenhouse gas emissions.^[9] For comparison, airlines are responsible for 2 % of global emissions.^[10] In addition, digital content consumption corresponds to 3–4 % of per capita emissions.

The AI Industry’s Climate Crisis

All this is augmented by the advent of AI. Every model we use to help us with our es-

say, fix a bug in our code, generate an image with six fingers, or transcribe the interviews for this magazine first needed to be trained. For large language models, this means coming up with a colossal amount of data and making the model predict every next word (or, more specifically, compute each possible word’s probability of being next), then comparing it to the correct next word using a “loss function” and **backpropagating – i.e., tweaking trillions of parameters in the model’s dozens of layers of feed-forward networks and attention heads** in the right way to minimise the loss function – until the model starts spitting out sensible things. This requires thousands of computations for each piece of data fed to the model.

Some estimations say that training an LLM is equivalent, in terms of emissions, to twenty-five round trips from New York to Beijing – and companies are training thousands of models every day.^[11] GPT-3, for example, with (only) 175 billion parameters, required 1287 MWh of energy for training, which is equivalent to **552 metric tons of carbon, or about the yearly emissions of 123 cars.**

Plus, although most of the cost comes from training, maintaining and using this model (inference) is also very demanding. ChatGPT alone consumes the energy of 33 thousand average US homes, and every single prompt also emits ten times more CO₂ than a simple Google search.^[12,13] Actually,

4 The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence

about 200–500 million queries, depending on the size of the model, are all it takes to use as much energy as was needed for training. That is the number of queries sent to ChatGPT over **just a couple of weeks**. This is worrying, given that everything is starting to be powered by AI chatbots and assistants, from **search engines implementing automatic AI answers**, to even ovens and refrigerators.

This AI boom is reflected in the numbers for energy consumption. While from 2015 to 2019 data centres were consuming a stable amount of 200 TWh per year, this amount started to rise, reaching 400 TWh in 2023.^[13] This stability was mostly due to **increased data centre efficiency** counteracting the growth in workload and a shift to hyperscale data centres.^[14] But the room for efficiency improvements slowly shrinks, while the consumption skyrockets due to AI.

Wait, It Uses Water, Too?

Unfortunately, the environmental impact of AI does not stop at energy consumption. Turns out AI is also guzzling water like it's an all-you-can-drink buffet – and sweating like a pig.¹ Primarily, this includes the freshwater used in wet cooling. Indirectly, the generation of energy and production of hardware for data centres also utilise this crucial natural resource.

While wet cooling was mostly implemented in an attempt to reduce the carbon foot-

print associated with electricity use, we must **reconsider whether this is a sensible trade**. As with energy, this cost was present before AI was a thing, but it's significantly enlarged with AI. For example, reports from Google and Microsoft from the years during which Bard and Bing AI were trained recorded, respectively, **20 % and 34 % increases in water use**.^[12] GPT-3 consumed 700 thousand litres of clean water for training, and not all data centres are as efficient as Microsoft's.

Right now, the largest negative consequences fall on regions where people are already suffering from water shortage. Yet, we should also worry about how AI water consumption affects global freshwater supply. Data centres are responsible for 1 % of the global electricity demand.^[15] In the United States, water consumption reported by data centres is 0.1 % of total water consumption, but these **numbers are probably severely underreported**. It might not make sense to use so much water instead of energy for air cooling.

One might ask: why not just use seawater and put all data centres next to the beach? Unfortunately, cooling systems are far too sensitive, and without clean water, pipes would clog, and materials would corrode.^[16] While there were some attempts to build seawater cooling systems, this is still far from the norm.^[17–19]

Another issue is the **contamination of water**

¹Obs: pigs actually don't actually sweat, so I guess the right expression would be "sweating like a primate."

bodies by the wastewater discharge of data centres, since not all water used in cooling evaporates. In certain parts of the world, contaminants like corrosion inhibitors and heavy metals might be directly thrown back into rivers and lakes, or cause additional load to wastewater treatment plants.^[16,20]

Chipping Away the Planet

Running the data centres that enable AI is resource-intensive enough. But they don't grow on trees either! The rows and rows of racks stacking servers and storage units all need to be manufactured with high precision, especially the microchips where all the computations happen. This is associated with loads of environmental burdens. Microchips are basically pieces of semiconductor material on which electronic components are etched according to their design. The most common semiconductor is silicon, which is mined from silica sand and goes through an energy-intensive process to be transformed into the pure wafer needed for chip production. While silicon is abundant compared to other elements, mining it can have large impacts on the topography and biodiversity of the land and contaminate water and air.^[21,22]

In order to tune the properties of the material, traces of other elements are added, like germanium, phosphorus, palladium, iridium and other transition metals and rare earth elements (REEs), which is called "doping".^[23] These are typically mined from minerals at very low concentrations,

making it a very energy-demanding process, which also releases toxic waste into the waters and soil of the region they're mined from.^[24]

In attempts to make the chips tinier and more efficient, other alternatives have also been developed, like gallium arsenide and gallium nitride.^[25] Due to their high melting temperatures, even more energy is needed to produce the wafers, which raises the question whether this efficiency in use compensates for the higher production costs.^[26]

Semiconductor fabrication plants use absurd amounts of water for the production of ultrapure water for the chip manufacturing process. They also utilise many toxic chemicals, with an emphasis on the fluorinated organic substances needed for the etching of the chips, as many might have learned about in chemistry classes, which are not degraded (so-called "forever chemicals"). This results in adverse health effects on manufacturing plant workers and in the release of polluting substances that negatively affect the biosphere and the climate.^[26,27]

Finally, one of the largest problems is that microchips are very hard to recycle because extracting these materials back from the wafers is a technologically challenging problem. Less than 20 % of electronics are recycled, and especially in the case of REEs in microchips, less than 1 % is recycled. This is a problem both because of the

4 The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence

burden of e-waste in lower-income countries, which is where it is mostly sent, but mainly because REEs and other elements have a limited availability in our planet and are **slowly being depleted**.^[28,29]

Towards Solutions

The obvious solution to the carbon footprint, given that most of AI's emissions come from its electricity demand, is switching to renewable sources of energy, or at least anything greener than carbon-based ones, like nuclear, wind and solar energy. However, this just leads to the whole topic of the global energy crisis, which is beyond the scope of this article.

There exist strategies to reduce the impact of water withdrawal and consumption by data centres. Given that different regions and different seasons show very distinct levels of water scarcity, it is already helpful to **choose a location for data centres** where there is already enough supply and good treatment plants for fresh water. In addition, **scheduling AI training smartly** is a good idea: at night, when there is less demand for water, and especially at times of the year when there is more precipitation or when less cooling is necessary.

Unfortunately, this can intensify the trade-off between water and electricity costs, especially when using solar power, as the times and places where water demand is lower are typically also where solar energy is less abundant.^[30] But another strategy is to **reuse the warm wastewater for heat-**

ing households and even greenhouses during the colder months, thus compensating for the consumption of water by substituting the energy otherwise required for heating.^[31]

Larger companies with ambitious environmental targets like Google are also implementing more modern (but much more expensive) “closed-loop” wet cooling systems, where less water is lost to evaporation.^[32] In general, investments in more efficient cooling systems design, like using other liquids and cooling the server racks in a more target way, instead of the whole room. Microsoft also had a bold idea: **a capsule data centre under the ocean**.^[33]

While for now, they only made a proof of concept, the fact that its **failure rate was eight times smaller** than typical data centres on land was very promising!

One bit of good news is that AI can also help solve its own problems! For example, by applying DeepMind AI on their own data centre's cooling, Google managed to reduce energy use by 40 %, ^[34] and other companies are also following the lead! In general, AI and machine learning are very good at optimising everything, and energy is a big use case: It is estimated that **AI can help prevent 5–10 % of global greenhouse gas emissions by 2030!**^[35] They can improve the efficiency of smart grids by forecasting customer demand and production of renewable energy very accurately, which, unlike most carbon-based sources, tend to be intermittent.^[36]

That way, it can **shift loads to when renewable energy is available**. In addition, AI can help sift through the gigantic amount of data that is produced by humanity every day and identify what should be kept or deleted, saving energy in the storage of use-less data.^[37]

Don't Supersize Me

As we just saw, there are quite a few ways to address these issues. However, all environmental issues mentioned in the previous sections have to do with the one **problematic paradigm of modern AI: the "bigger is better" view**. Of course, we can individually mitigate the impact of AI for each and every problem it causes (or amplifies) on our planet. But if AI is truly to be sustainable, then we must rethink the **inherently unsustainable ideal** of building larger and larger models with more and more parameters and as much data as we can get.

We are currently in an AI arms race, with OpenAI, Google, Microsoft, and other smaller companies all trying to outdo each other with bigger and bigger models. This way of thinking will always lead to needing **more GPUs, more energy, more computational power, more storage capacity**, which all translate to using up more of earth's resources, just for the notion of making the models bigger, deeper, hungrier and somehow (hail the holy backpropagation) we will get better results. But do we always need this?

Instead of using the largest model we can

build for any sort of problem, we should try to find the **smallest model that serves our needs**. This is valid for the number of parameters and training data that we use, especially in the case of LLMs, but also for the complexity of the model and inputs it needs to make a prediction.

For example, if we want to model climate, we can use a fine-grained model with regional information for regional climate and a coarse-grained one including the whole Earth for global models. Unless there is reason to believe that these regional features will strongly affect the global predictions or that information from other parts of the world will affect the regional model, it doesn't make sense to include both just because we can.

It is very important that computer scientists keep thinking about better ways of decreasing a model's demand for computational resources and storage capacity, especially during training, without losing too much performance – or sometimes even improving it. There are already many ideas in that field. The main thought is to **minimise the number of computations** that need to be done while training on a piece of data. One way is to make these calculations easier, for example through **quantisation of the weights** so that they can be represented with fewer bits.^[38]

Another option is sparsity: reducing the number of parameters that need to be reset in each training step. The simplest form

4 The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence

of sparsity is Lasso regularisation: instead of just penalising the differences in predictions and real values, it also penalises large parameter values and prompts the model to set some to zero. More involved alternatives are **various forms of pruning**: e.g., weight pruning, discarding the weights under a certain threshold; neuron pruning, when sets of neurons are removed from neural networks or even token pruning.^[38]

An idea worth mentioning is “Mixture of Experts”, a type of ensemble learning where a transformer is split into different “experts”, smaller neural networks that specialise in learning specific concepts. Each token that is inputted into the model during training is only sent to one or a few experts, and **only the subset of parameters affected needs to be backpropagated**, making training and inference much faster and more economical.^[39]

Finally, nowadays for many applications, instead of creating their own model from scrap for their specific use case. These are giant models trained on a large dataset, like BERT, Claude, and GTP in the case of LLMs.^[40] However, training these models with your own dataset and using them for inference can be very costly due to the large number of parameters.

One solution is Low Rank Adaptation of LLMs (LoRA), where the original weights are frozen and instead fine-tuning is done

on a new, **smaller “low-rank” matrix of weights** which can represent the changes to the model with fewer parameters.^[41] Another option is model distillation, where a smaller student model is trained to **mimic the outputs of the large teacher model**. For example, DistillBERT, a lighter version of BERT, is 40 % smaller and 60 % faster, while preserving 97 % of the original performance.^[42]

DeepSeek is a good example of the power of optimisation. Independently of all the drama surrounding it, whether they are giving out our data to the Chinese Government or whether they really used the outputs from OpenAI models to train², we cannot deny that they did something revolutionary.

Their architecture is groundbreaking, especially the introduction of multiheaded latent attention. Multiheaded attention is an important layer in the transformer architecture, which is used in LLMs. **DeepSeek models reduce cache memory use 57x** by storing the inputs of the attention (i.e., the query, key, and value matrixes) as lower-dimensional vectors (i.e., in latent space) and transforming them back for the computation.^[42] It also makes intelligent use of the mixture of expert techniques and reinforcement learning.

With all this, their non-reasoning model (V3) managed to surpass most current mod-

²You mean like ChatGPT? The models that got their training data from basically everything and anything they could find on the internet without any regard for intellectual property rights? Yep, that one.

els apart from the GPT-4.5, Gemini 2.0 and Grok 3 in performance tests, and their reasoning model (R1) is on the level of o1,³ while **only using a fraction of the parameters**. GPT-4 has 1.76 trillion parameters while DeepSeek V3 only needed 671 billion, with only 37 billion (a subset corresponding to one expert) being activated for each token.^[44,45] Even if the claim that they only needed six million dollars to train it is false (and it probably is), it is still a large improvement in terms of efficiency, which hopefully translates into lower environmental costs.

I'm not trying to play devil's advocate here: I don't use DeepSeek. But their achievements definitely show the potential of doing so much more with the resources that we have if we **scale smart instead of just scaling up**.

Time to Spill the Tea

As beautiful as it might sound, big tech is not implementing any of these measures, be it to improve hardware efficiency or model efficiency, out of the goodness of their hearts. They are motivated by the **expectations of their customers and improving their brand image**, if not just the economic benefits of using fewer resources. This depends on the public's judgement of favouring companies with environmental consciousness and the company's regard to that.

Yet, to guarantee that such changes are

being implemented globally, we need the more visible hand of the government in implementing regulations around AI. Most importantly, more **environmental transparency** should be required. The big problem with AI and data centres is that their use is distributed over all industries, as well as households. It is hard to put the footprints of this use into a bucket, so it **ends up not being put in any bucket at all**. Having better reports of the carbon and water footprint of training and running AI models by the companies that are responsible for that, gives us more data to understand and optimise AI's environmental impact.

Improving reporting of water footprint is especially important since this is still a black box. Companies shouldn't be able to shove their carbon footprints under the rug to meet decarbonisation goals by actually increasing their water footprint and not telling anyone. Plus, the **water consumed in all steps of the process, from mining and chip production to electricity generation**, should be better tracked.

For example, Hugging Face, one of the biggest AI model repositories, implemented a package called **CodeCarbon for tracking the emissions associated with training each model**, just like Energy Star ratings for appliances.^[46,47] This allows people to choose the most suitable model for their needs based on its environmental efficiency.^[48]

³While reviewing this article DeepSeek launched the second version of V3, DeepSeek V3 0324, which is now the best non-reasoning model.^[43]

4 The Hidden Environmental Cost of Artificial Intelligence

However, information is not everything: policy should also push for effective change. Governments could impose carbon taxes on data centres or give tax benefits to the ones that use less energy. Instead of relying on companies like Hugging Face, **official certifications for “Green AI”** should be implemented. Achieving net-zero goals requires significant investment, and it’s the government’s role to make sure this is worth it for the companies.

What now?

Finally, the journey into a future with more sustainable AI depends on you. As in most cases related to making a difference for the environment, not so much change can be created through the actions of single individuals. It’s not about giving up the AI tools that are improving our lives in many ways, but to create healthy habits around AI use, **just like turning off the light when you leave a room** for the use of electricity.

Wielding ChatGPT as a database for any kind of questions **without even trying to google first**, or automatically integrating AI responses in normal search tools is not only excessive, but, in my opinion, sometimes counterproductive. Allow yourself to think, before directly employing AI, whether this is the best option for your problem. And if you ever find yourself in the position of having to choose an AI model to be trained for a new application, also **consider its efficiency rather than only performance**.

The problem with AI is its scale. **A single**

individual use doesn’t make such a difference, not compared to things like air travel. For example, the thirteen prompts I used to help me plan this article should have generated about 56 grams of CO₂, which is still more than a hundred times less than what an average shower would emit... maybe I should take shorter showers after all?^[49] However, everybody has access to AI nowadays, and it is used across all industries, this all sums up.

I hope this article brings more awareness to the thus-far rather unspoken sustainability issue around AI. As with any phenomenon that so suddenly grows and takes hold of all sectors of the industry, hidden flaws are difficult to spot at first, under all idealism. Artificial intelligence will definitely dominate in our society even more in the near future; there is no stopping that – we don’t want it to stop, it is revolutionary!

But it’s a risk as much an opportunity. The ways it can be used to help society are uncountable, and it can itself be a **key player in our fight against climate change**: just look at how much it can actually help us reduce global energy use, or even model our climate better, so we can understand when and where to put our efforts.^[50,51] But it is also an unpredictable technology, whose **demand for all kinds of resources** is growing like crazy. So, let’s keep talking about its limitations and pushing for reductions in the energy and water consumed per query by improving the efficiency of our hardware

and data centres, along with **designing our models smartly and sparingly**. This is only possible if people responsible are urged for more transparency: only then might we be able to create a world where AI can help us, and not condemn our future on this planet even more than we ourselves already have.



Bibliography

- [1] P. Taylor, “Leading countries by number of data centers as of March 2025”, can be found under <https://www.statista.com/statistics/1228433/data-centers-worldwide-by-country/>, **2025**.
- [2] P. Taylor, “Number of hyperscale data centers worldwide from 2015 to 2023”, can be found under <https://www.statista.com/statistics/633826/worldwide-hyperscale-data-center-numbers/>, **2024**.
- [3] Statista Research Department, “Number of computer households worldwide from 2014 to 2029”, can be found under <https://www.statista.com/forecasts/1146269/computer-households-in-the-world>, **2025**.
- [4] Internet Systems Consortium, “Internet host count history”, can be found under <https://web.archive.org/web/20120518101749/http://www.isc.org/solutions/survey/history>, **2012**.
- [5] A. Petrosyan, “Number of internet users worldwide from 2005 to 2024”, can be found under <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>, **2024**.
- [6] P. Taylor, “Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2023, with forecasts from 2024 to 2028”, can be found under <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>, **2024**.
- [7] TOP500, “TOP500”, can be found under <https://top500.org/lists/top500/> (accessed Mar. 23, 2025).
- [8] U.S. Department of Energy, “Electricity Demand Growth Resource Hub”, can be found under <https://www.energy.gov/policy/electricity-demand-growth-resource-hub> (accessed Mar. 23, 2025).
- [9] R. Istrate, V. Tulus, R. N. Grass, L. Vanbever, W. J. Stark, G. Guillén-Gosálbez, *Nat. Commun.* **2024**, 15, DOI: 10.1038/s41467-024-47621-w.
- [10] World Wide Technology, “The Impact of AI on Data Center Energy Efficiency”, can be found under <https://blog.zeroconsulting.com/en/carbon-footprint-everyday-examples>, **2024**.
- [11] T. Chopra, “AI’s Carbon Footprint and Environmental Impact”, can be found under <https://www.youtube.com/watch?v=ju4blogPYVA>, **2024**.
- [12] K. Crawford, *Nature* **2024**, 626, 693–693.
- [13] Goldman Sachs, “AI is poised to drive 160 % increase in data center power demand”, can be found under <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand>, **2024**.
- [14] G. Kamiya, “Digital technologies, energy, and climate”, can be found under <https://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/Documents/ITU%20AI4EE%20-%20George%20KAMIYA.pdf>, **2019**.

- [15] International Energy Agency, “Artificial Intelligence”, can be found under <https://www.iea.org/topics/artificial-intelligence> (accessed Apr. 6, 2025).
- [16] CBC News, “AI’s hidden climate costs”, can be found under https://www.youtube.com/watch?v=RT8-GIA_rkM, **2023**.
- [17] R. Mokhtari, A. Arabkoohsar, *Sustainable Energy Technol. Assess.* **2021**, 47, 101528.
- [18] J. Verge, “Interxion Uses Sea Water to Cool Stockholm Data Centers”, can be found under <https://www.datacenterknowledge.com/modular-data-centers/interxion-uses-sea-water-to-cool-stockholm-data-centers>, **2023**.
- [19] DatacenterDynamics, “Google’s Finland data center pioneers new seawater cooling”, can be found under <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/googles-finland-data-center-pioneers-new-seawater-cooling/>, **2011**.
- [20] G. Hegde, “Discharge from AI Data Centers and How to Mitigate Contamination”, can be found under <https://ketos.co/discharge-from-ai-data-centers-and-how-to-mitigate-contamination>, **2024**.
- [21] M. Ashutosh, *J. Geogr. Reg. Plann.* **2015**, 8, 150–156.
- [22] Khaitan Bio Energy, “The Environmental Impact of Silica and Gypsum Mining: Unveiling Hidden Consequences”, can be found under <https://khaitanbioenergy.com/the-environmental-impact-of-silica-and-gypsum-mining-unveiling-hidden-consequences/#:~:text=Impacts%20of%20Silica%20Mining%201%20Environmental%20Impacts%20Silica,6%20Community%20Engagement%20and%20Sustainable%20Mining%20Practices>, **2023**.
- [23] G. Baskaran, M. Schwartz, “From Mine to Microchip”, can be found under <https://www.csis.org/analysis/mine-microchip>, **2024**.
- [24] J. Nayar, “Not So “Green” Technology: The Complicated Legacy of Rare Earth Mining”, can be found under <https://hir.harvard.edu/not-so-green-technology-the-complicated-legacy-of-rare-earth-mining/>, **2021**.
- [25] K. Houser, “Silicon chips are no longer sustainable. Here’s what’s next.” Can be found under <https://www.freethink.com/the-material-world/gallium-semiconductors>, **2024**.
- [26] J. C. Hess, “Chip Production’s Ecological Footprint: Mapping Climate and Environmental Impact”, can be found under <https://www.interface-eu.org/publications/chip-productions-ecological-footprint>, **2024**.
- [27] R. Chepesiuk, *Environ. Health Persp.* **1999**, 107, DOI: 10.1289/ehp.99107a452.
- [28] C. Ramprasad, W. Gwenzi, N. Chaukura, N. Izyan Wan Azelee, A. Upamali Rajapaksha, M. Naushad, S. Rangabhashiyam, *Chem. Eng. J.* **2022**, 442, 135992.
- [29] Leibniz Centre for Tropical Marine Research (ZMT) GmbH, “A circular economy for rare-earth elements (REEs): How could it work?”, can be found under <https://www.leibniz-zmt.de/en/news-at-zmt/news/news-archive/a-circular-economy-for-rare-earth-elements-rees-how-could-it-work.html>, **2023**.
- [30] P. Li, J. Yang, M. A. Islam, S. Ren, **2023**, arXiv preprint DOI: 10.48550/ARXIV.2304.03271.
- [31] TechHQ, “The water-cooled, zero-impact data centers from Nautilus”, can be found under <https://techhq.com/2021/06/data-center-cooling-news-latest-water-liquid-sea-nautilus-dgx/>, **2021**.
- [32] S. Gonzales Monserrate, “Inside the physical footprint of the Cloud”, can be

- found under <https://www.popsci.com/environment/data-centers-environmental-impacts/>, **2022**.
- [33] J. Roach, "Microsoft finds underwater datacenters are reliable, practical and use energy sustainably", can be found under <https://news.microsoft.com/source/features/sustainability/project-natick-underwater-datacenter/?msocid=063c71b5da6361931ac7652cdb1a604b>, **2020**.
- [34] R. Evans, J. Gao, "DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40 %", can be found under <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>, **2016**.
- [35] A. Dannouni, S. A. Deutscher, G. Dezzaz, A. Elman, A. Gawel, M. Hanna, A. Hyland, A. Kharij, H. Maher, D. Patterson, E. R. Jones, J. Rothenberg, H. Tber, M. Texier, A. Ziat, "How AI Can Speed Climate Action", can be found under <https://www.bcg.com/publications/2023/how-ai-can-speedup-climate-action#:~:text=1.,related%20adaptation%20and%20resilience%20initiatives.>, **2023**.
- [36] M. A. Judge, V. Franzitta, D. Curto, A. Guercio, G. Cirrincione, H. A. Khattak, *Energy Conversion and Management: X* **2024**, 24, 100724.
- [37] World Economic Forum, "AI and energy: Will AI help reduce emissions or increase demand? Here's what to know", can be found under <https://www.weforum.org/stories/2024/07/generative-ai-energy-emissions/>, **2022**.
- [38] M. Farina, U. Ahmad, A. Taha, H. Younes, Y. Mesbah, X. Yu, W. Pedrycz, *Neurocomputing* **2024**, 582, 127468.
- [39] O. Sanseviero, L. Tunstall, P. Schmid, S. Mangrulkar, Y. Belkada, P. Cuenca, "Mixture of Experts Explained", can be found under <https://huggingface.co/blog/moe#what-is-a-mixture-of-experts-moe>, **2023**.
- [40] R. D. Caballar, "What are foundation models?", can be found under <https://www.ibm.com/think/topics/foundation-models>, **2024**.
- [41] J. Noble, "What is LoRA (low-rank adaption)?", can be found under <https://www.ibm.com/think/topics/lora>, **2025**.
- [42] V. Liu, Y. Yin, *Discover Artificial Intelligence* **2024**, 4, DOI: 10.1007/s44163-024-00149-w.
- [43] kristaller486, "Deepseek V3 0324 is now the best non-reasoning model (across both open and closed source) according to Artificial Analysis." Can be found under https://www.reddit.com/r/LocalLLaMA/comments/1jgi8y/deepseek_v3_0324_is_now_the_best_nonreasoning/?utm_source=www.theneurondaily.com&utm_medium=newsletter&utm_campaign=gemini-tops-the-charts (accessed Apr. 7, 2025).
- [44] Welch Labs, "How DeepSeek Rewrote the Transformer", can be found under https://www.youtube.com/watch?v=0VLAoVGf_74&list=TLPQMjAwMzlwMjVjOkJa8mu2gQ&index=1, **2025**.
- [45] A. B. Abacha, W.-w. Yim, Y. Fu, Z. Sun, M. Yetisgen, F. Xia, T. Lin, **2024**, arXiv preprint DOI: 10.48550/ARXIV.2412.19260.
- [46] A. Liu, B. Feng, B. Xue, B. Wang, B. Wu, C. Lu, C. Zhao, C. Deng, C. Zhang, C. Ruan, D. Dai, D. Guo, D. Yang, D. Chen, D. Ji, E. Li, F. Lin, F. Dai, F. Luo, G. Hao, G. Chen, G. Li, H. Zhang, H. Bao, H. Xu, H. Wang, H. Zhang, H. Ding, H. Xin, H. Gao, H. Li, H. Qu, J. L. Cai, J. Liang, J. Guo, J. Ni, J. Li, J. Wang, J. Chen, J. Chen, J. Yuan, J. Qiu, J. Li, J. Song, K. Dong, K. Hu, K. Gao,

- K. Guan, K. Huang, K. Yu, L. Wang, L. Zhang, L. Xu, L. Xia, L. Zhao, L. Wang, L. Zhang, M. Li, M. Wang, M. Zhang, M. Zhang, M. Tang, M. Li, N. Tian, P. Huang, P. Wang, P. Zhang, Q. Wang, Q. Zhu, Q. Chen, Q. Du, R. J. Chen, R. L. Jin, R. Ge, R. Zhang, R. Pan, R. Wang, R. Xu, R. Zhang, R. Chen, S. S. Li, S. Lu, S. Zhou, S. Chen, S. Wu, S. Ye, S. Ye, S. Ma, S. Wang, S. Zhou, S. Yu, S. Zhou, S. Pan, T. Wang, T. Yun, T. Pei, T. Sun, W. L. Xiao, W. Zeng, W. Zhao, W. An, W. Liu, W. Liang, W. Gao, W. Yu, W. Zhang, X. Q. Li, X. Jin, X. Wang, X. Bi, X. Liu, X. Wang, X. Shen, X. Chen, X. Zhang, X. Chen, X. Nie, X. Sun, X. Wang, X. Cheng, X. Liu, X. Xie, X. Liu, X. Yu, X. Song, X. Shan, X. Zhou, X. Yang, X. Li, X. Su, X. Lin, Y. K. Li, Y. Q. Wang, Y. X. Wei, Y. X. Zhu, Y. Zhang, Y. Xu, Y. Xu, Y. Huang, Y. Li, Y. Zhao, Y. Sun, Y. Li, Y. Wang, Y. Yu, Y. Zheng, Y. Zhang, Y. Shi, Y. Xiong, Y. He, Y. Tang, Y. Piao, Y. Wang, Y. Tan, Y. Ma, Y. Liu, Y. Guo, Y. Wu, Y. Ou, Y. Zhu, Y. Wang, Y. Gong, Y. Zou, Y. He, Y. Zha, Y. Xiong, Y. Ma, Y. Yan, Y. Luo, Y. You, Y. Liu, Y. Zhou, Z. F. Wu, Z. Z. Ren, Z. Ren, Z. Sha, Z. Fu, Z. Xu, Z. Huang, Z. Zhang, Z. Xie, Z. Zhang, Z. Hao, Z. Gou, Z. Ma, Z. Yan, Z. Shao, Z. Xu, Z. Wu, Z. Zhang, Z. Li, Z. Gu, Z. Zhu, Z. Liu, Z. Li, Z. Xie, Z. Song, Z. Gao, Z. Pan, **2024**, arXiv preprint DOI: 10.48550/ARXIV.2412.19437.
- [47] B. Courty, V. Schmidt, Goyal-Kamal, MarionCoutarel, L. Blanche, B. Feld, inimaz, J. Lecourt, LiamConnell, SabAmine, supatomic, P. LLORET, M. Léval, A. Cruveiller, A. Saboni, ouminasara, F. Zhao, A. Joshi, C. Bauer, A. Bogroff, H. de Lavoreille, N. Laskaris, A. Phiev, E. Abati, rosekelly6400, D. Blank, Z. Wang, L. Otávio, A. Catovic, “CodeCarbo”, **2024**, DOI: 10.5281/ZENODO.14518377.
- [48] S. Luccioni, Z. Mueller, N. Raw, “CO2 Emissions and the Hugging Face Hub: Leading the Charge”, can be found under <https://huggingface.co/blog/carbon-emissions-on-the-hub>, **2022**.
- [49] S. Cortés Ràfols, “How many kg of CO2 do you generate in your day-to-day? Transport, food, and energy”, can be found under <https://blog.zeroconsulting.com/en/carbon-footprint-everyday-examples> (accessed Apr. 6, 2025).
- [50] C. Wong, *Nature* **2024**, 628, 710–712.
- [51] G. Camps-Valls, M.-Á. Fernández-Torres, K.-H. Cohrs, A. Höhl, A. Castelletti, A. Pacal, C. Robin, F. Martinuzzi, I. Papoutsis, I. Prapas, J. Pérez-Aracil, K. Weigel, M. Gonzalez-Calabuig, M. Reichstein, M. Rabel, M. Giuliani, M. D. Mahecha, O.-I. Popescu, O. J. Pellicer-Valero, S. Ouala, S. Salcedo-Sanz, S. Sippel, S. Kondylatos, T. Happé, T. Williams, *Nat. Commun.* **2025**, 16, DOI: 10.1038/s41467-025-56573-8.



GV-Reportage

Von neuen Kommissionen und neuen Provokationen

Daniel Schiller Und es begab sich zu der Zeit, als die Tage langsam länger wurden und die Zahl der Vorlesungstage sieben überschritt,¹ dass die Studierenden der in der VCS organisierten Studiengänge, wie es ihnen von den Statuten geboten, zusammentraten. Diese Versammlung war keinesfalls die Erste ihrer Art und geschah zur Zeit, da Leon Jeckel Vereinspräsident war.

Nach der Wahl der Stimmenzählenden begann die **diessemestrige Generalversammlung** (GV) der VCS im G3 mit einer überraschenden Ankündigung: Es wird nicht die Einzige bleiben, da die Erfolgsrechnung zum Zeitpunkt der GV noch nicht abgeschlossen war. Daher ist für das kommende Semester zu einem noch unbekannten Zeitpunkt mit einer weiteren, wenngleich erheblich kürzeren GV zu rechnen.

Es hatten sich 99 Stimmberechtigte eingefunden, die vermutlich vom grossen Angebot an Gefrorenem sowie der Verheissung italienischer Fladen angelockt worden waren, was für eine Frühjahrs-GV definitiv überdurchschnittlich ist. Die stichpunktartigen Tätigkeitsberichte der Vorstände wurden nicht mündlich vorgetragen, sie sind aber auf der einschlägigen VCS-Wiki-Seite verfügbar.

Beim **Budget** ergaben sich einige Änderungen. Die Chemtogether wird mit Hinblick auf den Messebau besser dotiert, da das dafür vorgesehene Budget aufgrund von Preissteigerungen nicht mehr ausreicht. Wegen stark zunehmender Druckunkosten erhält der **Exsikkator** zusätzlich eine Erhöhung sei-

nes Budgets um 1000 Schweizer Franken aus dem Werbebudget der Chemtogether.

Der Antrag auf die Ermöglichung eines Co-Präsidiums wurde zurückgezogen, da die daran während der letzten GV geäusserten Kritikpunkte nicht gänzlich ausgeräumt werden konnten. Zudem wurde die Wahl der Semestersprecher und Semestersprecherinnen durch die GV in die Statuten aufgenommen.

Der Antrag auf die Einführung einer dedizierten **IT-Kommission** wurde ausführlich debattiert und mehrfach abgeändert. Der Vorstand sieht die Notwendigkeit einer solchen Kommission in der ins Kraut geschossenen Arbeitsbelastung der IT-Vorstände. Zudem geht durch das Ausscheiden dieser Funktionsträger nach maximal zwei Semestern viel Know-How verloren. Zudem wurde festgelegt, dass die Liste aller Personen, die mit OIV-Rechten ausgestattet sind, also Admin-artige Funktionen ausüben und Zugriff auf vertrauliche Daten haben, nach jeder GV dem jeweils neu gewählten Vorstand zur Genehmigung vorgelegt werden muss, um die Zahl der solcherart Bevollmächtigten im Rahmen zu halten.

¹Also am 26. Februar 2025

Für die Chemtogether wurden Bettina Hürlimann und Joshua Gwerder ins Präsidium sowie Till Niederhoff als Quästor gewählt. Zudem soll kommenden Mai die

Interdisciplinary Science Fair stattfinden, die ein zur Chemtogether komplementäres Angebot aufweisen soll. Zudem wurde der **Marco Ponts Teaching Award** gestiftet, der an besonders engagierte Lehrassistenten in Pflichtvorlesungen des D-CHAB verliehen werden und das Andenken an den tragisch verunglückten Physikochemiker bewahren soll. Nominierungen sind bis zum Ende des Frühjahrssemesters möglich.

Nun schritten die Teilnehmenden zur Wahl der diversen **Vorstandsmitglieder**. Zuerst wurden diese jedoch befragt.² An neue Projekte versprach der für die Nachhaltigkeitskommission kandidierende Simon Schär mehr Sustainability Talks. Swagata Dutta möchte sich beim Studentischen vorwiegend auf das bestehende Angebot konzentrieren, während Alexander Pitzer gelobte, mehr Arbeit in die Website zu investieren, diese durchgängig zweisprachig zu gestalten (Deutsch-Englisch) und insbesondere ihre ästhetische Qualität zu erhöhen.

Die Wiederinbetriebnahme des Bierautomaten wird indes weiter auf sich warten lassen. Elisabeth Bernauer möchte zusammen mit ihrer Vorgängerin, Amira Geuther, ein **N-Familienprogramm** einführen, um einerseits die Vernetzung der mangels gemeinsamer Lehreinheiten oft sehr verein-

zelten interdisziplinären Studierenden zu fördern und andererseits mehr Orientierung für neu Eingetretene zu bieten.

Auf die als gering empfundene Qualität des gebotenen Bieres³ angesprochen, meinte Kilian Fichtinger, dass der Verbrauch dieses seit Urzeiten als das Lebenselixier des Studenten geltenden Liquidum so gross sei, dass das Budget keine bessere Qualität gestatte.

Dazu kamen zahlreiche **mässig sachdienliche Fragen**, etwa nach der Selbstidentifikation von Vorstandsbewerbern mit Pizzasorten, dem Abhalten von Schnupftabakevents, ob die bilinguale Website auch Französisch gemacht wird oder nach einem vor fast einem Vierteljahrhundert zurückgetretenen Bundesrat.

Die Wahl zum **Vizepräsidium** fiel aussergewöhnlich knapp aus, da sich die meisten Stimmberechtigten ihre Meinung über die Kandidierenden vermutlich erst kurz zuvor anhand der auf die Frage eines Alt-Vorstandes gegebenen Antworten gebildet hatten. Die schlussendlich gewählten Vorstandsmitglieder sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Die Delegierten für die HoPo-Gremien wurden ohne Debatte gewählt, während sich die Debatte für die Lernraumverantwortlichen und Semestersprecher beziehungsweise Semestersprecherinnen hauptsächlich auf die Besetzung noch nicht belegter

² Connor Pütz war tatsächlich imstande, den ganzen Vereinsnamen fehlerfrei aufzusagen.

³ Zumeist Prix Garantie Lager

Stellen beschränkte. Positiv ist anzumerken, dass das bei diesem Mal eingesetzte Abstimmungsprogramm auf einem ETH-Server lief, der mit 99 Zugriffen kein Problem hatte. Zudem wurden Paul Nesemeier, Uma Grotefeld und Maximilian Nägele als spontan kandidierende Revisoren gewählt. Zudem erhielten die ausscheidenden Vorstandsmitglieder und die Revisorinnen Ge-

schenke.

Dabei änderte ein Unbefugter die letzte Folie der Präsentation auf «Niemals vergessen – alle zusammen gegen den VEBIS», was ebendiesem Fachverein wohl so gar nicht schmeckte⁴ und selbst in deren eigener, bloss wenige Tage darauf folgenden GV thematisiert wurde.⁵

Tabelle 5.1: Alte und neue Vorstandsmitglieder. Inhaber des Vizepräsidiums sind kursiv gekennzeichnet.

Vorstandsposten	Alt-Inhaber:in (HS24)	Inhaber:in (FS25)
Präsidium	Leon Jeckel	Connor Pütz
Quästur	Sofia Maslo	Sofia Maslo
Studentisches	Lukas Rost	Swagata Dutta
HoPo-N	<i>Amira Geuther</i>	Elisabeth Bernauer
HoPo-C	Mathilde Adelhoefer	Mathilde Adelhoefer
BaMK	Roland Stech	Roland Stech
Industrie	Kilian Fichtinger	<i>Kilian Fichtinger</i>
Exsikkator	Samira Neff	Samira Neff
Nachhaltigkeit	Hannah Osthaus	Simon Schär
Party und Kultur	Maximilian Reiser	Maria Zimmermann
	Maria Zimmermann	Anna Bischoff
Informatik	Alexander Pitzer	Alexander Pitzer
Protokoll	Leonard Hummer	Leonard Hummer



⁴Von der Hetze abgesehen ist die falsche Schreibweise wohl ähnlich beleidigend wie, wenn andere Fachvereine uns als *der* VCS bezeichnen.

⁵Nach einigen wütenden Mails und einer kurzen Diskussion haben der VeBiS und die VCS aber schnell wieder Frieden geschlossen.

ASVZ-Tester

Muscle Pump

Aysan Yilmaz Höchste Zeit für einen neuen ASVZ-Tester! Beim Stöbern in der ASVZ-App fiel mir immer wieder «Muscle Pump» ins Auge – ein Angebot, das ich fünf Semester lang gekonnt ignoriert hatte. Nun war es an der Zeit, das zu ändern. Mein *Partner in Crime* bei diesem kleinen Abenteuer ist Sinthu, der mit zur Muscle Pump Session kam.

Kraft	★★★★☆
Ausdauer	★★★☆☆
Mut	★★★☆☆
Spassfaktor	★★★★★ (nur wegen Sinthu, sonst ★★★★★☆)
Beliebtheit	★★★★☆
Einsteiger-freundlich?	Ja

Ich empfehle, mindestens 10 Minuten vorher da zu sein, um sich einen guten Platz zu sichern und sein Equipment bereitzulegen. Das benötigte Equipment besteht aus: **einem Stepper, einer Langhantel, Gewicht und Klemmem**, welche alle in einem separaten Raum in der Arena 3 zu finden sind.

Muscle Pump in einem Satz

Verschiedene Übungen mit der Langhantel und dem Stepper im Sinne eines Ganzkörpertrainings mit Muskelkatergarantie.

Anmeldung

Bei der Anmeldung ist das Lotterieg Glück gefragt! Man meldet sich 48 Stunden vor der Session an und erhält 24 Stunden vorher den Entscheid.

Ort und Gruppengrösse

Meine erste Session fand im Sport Center Höneggerberg (Arena 3) statt. Das Angebot gibt es aber auch in den Sportcentern Polyterrasse, Irchel und Winterthur. Die Gruppengrösse lag hier bei 35 Personen – meiner Meinung nach ein bisschen zu viel. In der Polyterrasse gibt es zudem eine Variante namens *BodyPump*, wo sogar bis zu 60 Teilnehmende mitmachen können.



Vorbildlich wie immer war ich fast zu spät, Sinthu kam dann sogar noch etwas später – *what a duo*. Zum Glück half mir Federico mit dem Setup – danke an dieser Stelle!

Die eigentliche Session

Nach einem kurzen Warm-up mit Stepper und Armbewegungen ging es los: Die Übungen sind so aufgebaut, dass verschiedene Muskelgruppen gezielt trainiert werden, darunter Beine, Bizeps, Trizeps, Rücken und Bauchmuskeln. Jede Übung wird demonstriert und dann in mehreren Sätzen wiederholt.

Besonders gut gefällt mir das Konzept mit zwei Trainingsleitenden: Eine Person zeigt die Übungen, während die andere durch die Reihen geht und auf Fehlhaltungen achtet. Das ist echt toll, vor allem wenn man nie mit Hanteln oder zusätzlichen Gewichten gearbeitet hat. Die Muscle Pump Sessions gehen übrigens in der Regel 55 Minuten: Davon 10–15 für Aufwärmen am Anfang und Stretching am Schluss.

Ihr könnt selber entscheiden, wie viel Gewicht ihr nehmt, je nach Übung geben die Trainingsleiter auch eine Empfehlung ab. Es gibt auch Übungen, die ich beispielsweise ohne Gewicht gemacht hatte (aufgrund von mangelnder Koordination).

Während der Session lief Musik im Hintergrund – eigentlich zur Motivation, in unserem Fall aber eher zur Ablenkung. Sinthu und ich konnten unsere Tanzbewegungen nicht unterdrücken und hatten unseren Spass in der hintersten Reihe, während alle anderen diszipliniert pumpeten.

Mein Fazit

Ich kann es euch nur ans Herz legen, neue Sportarten im ASVZ auszuprobieren,

alleine oder in einer kleinen Gruppe. Falls ihr euch an Muscle Pump wagt, gebt dem Ganzen **mindestens zwei bis drei Versuche**. Beim ersten Mal fühlt man sich koordinativ überfordert, aber das bessert sich mit der Zeit, genau wie der Muskelkater.

Abschliessende Worte

Ihr müsst kein Arnold Schwarzenegger sein, um in solche Sportprogramme zu gehen. Es macht echt Spass und ihr könnt euch eine tolle Bewegungspause von eurem Alltag an der ETH gönnen.

Was ich euch auch noch empfehlen kann

Cycling (indoor und outdoor), einfach weil es 10/10 ist.

Superkondi, da es weniger Muskelkater als Muscle Pump gibt und man auch da gelegentlich die Hüfte schwingen kann.

Liebs Grüessli und bis zum nächsten ASVZ-Tester!



Die grosse Welle

Simon Hauser Beim Thema Wellen fällt mir als Hobby-Japanologe sofort «Die grosse Welle vor Kanagawa» von Katsushika Hokusai ein. Diese berühmte Darstellung einer gewaltigen Welle hat nicht nur die japanische Kunst geprägt, sondern auch das westliche Verständnis von Naturgewalten beeinflusst. In Verbindung mit der realen Gefahr von Tsunamis, die Japan und andere Küstenregionen bedrohen, möchte ich die Natur dieser Katastrophen sowie ihren kulturellen Einfluss näher betrachten.

Tsunamis

Die allgemeine Definition eines Tsunamis bezieht sich auf lange Wellen, die sich über hunderte Kilometer ausbreiten und sich in Küstennähe hoch aufwölben können. Sie sind hauptsächlich im Ozean zu finden, aber auch in grossen Binnengewässern wie Seen wurden Tsunamis auch schon beobachtet.

Von ihrer unglaublichen Zerstörungskraft wurde schon in unzähligen historischen Texten berichtet. 2004 geschah eine Tsunamikatastrophe im Indischen Ozean, die vierzehn Länder von Sri Lanka bis Indonesien erreichte. Die Erdbebenstärke war etwa 9.2 auf der Richter-Skala und etwa 250 000 Menschen kamen ums Leben. Ein weiteres prominentes Beispiel, an das sich viele von uns erinnern, ist die Dreifachkatastrophe in der Tohoku Region in Japan, auch bekannt als die Fukushima Nuklearkatastrophe: Ein Erdbeben der Stärke 9.1, gefolgt von einem verheerenden Tsunami und eine dadurch ausgelöste Zerstörung des Atomkraftwerks in Fukushima.

Bei einer solchen Katastrophe wird alles zerstört, was dem Wasser in die Quere kommt. Städte werden dem Erdboden gleichgemacht, die Natur wird komplett verwüs-

tet und die Infrastruktur, sprich Strassen, Wasser- und Stromleitungen und Brücken müssen alle neu installiert werden. Der Begriff Tsunami (津波) stammt aus dem Japanischen und setzt sich aus den Wörtern «津» (Hafen) und «波» (Welle) zusammen.

Anscheinend hatten Fischer in Japan früher immer wieder erlebt, dass sie [auf hoher See am Fischen waren und erst bei ihrer Rückkehr sahen, dass die ganze Küstenregion verwüstet war](#). Es stellt sich die Frage, warum die Fischer die Gefahr nicht schon beim Fischen wahrgenommen hatten. Die Hauptursachen eines Tsunamis sind Erdbeben, Vulkanausbrüche und Unterwassererdrutsche. Diese Phänomene lösen meistens eine breite Welle mit kleiner Amplitude aus. Wenn diese breite Welle nun in Küstennähe gerät, dann wird der gesamte Wasserkörper, in dem die Welle propagiert, viel kleiner, und folglich türmt sich die Welle zu einer immer grösseren Amplitude auf. Das hat unter anderem zur Folge, dass die gesamte Küstenregion temporär wasserfrei wird, da das Wasser sich in der auftürmenden Welle sammelt (Abbildung 7.1).

Wie hat man sich nun einen echten Tsunami vorzustellen? Hier geht es vor allem darum, seine eigene intuitive Vorstellung einer

Wasserwelle im Meer zu umgehen. Da normale Wellen recht klein in Wellenlänge und Ausbreitung sind und sehr schnell brechen, kann man schnell dazu verleitet werden, diesen Vorgang einfach auf eine grössere Grössenordnung auszudehnen. Wenn man mal ein Video eines echten Tsunamis anschaut, dann weiss man, dass das meistens nicht der Fall ist. In Wirklichkeit sieht es so aus, als ob der ganze Ozean den Meeresspiegel erhöht. Wenn also von einer drei Meter hohen Welle die Rede ist, dann ist das nicht einfach eine drei Meter hohe Welle im klassischen Sinne, sondern eine drei Meter hohe **Erhebung des ganzen Ozeans**.

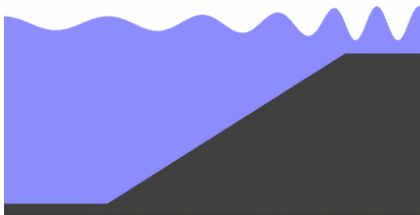


Abbildung 7.1: Darstellung der Aufwölbung einer Tsunamiwelle in Küstennähe.

Um Tsunami-Schäden vorzubeugen, kann man sogenannte Frühwarnsysteme installieren, die der küstennahen Bevölkerung genug früh mitteilt, wenn sie sich auf erhöhtem Gelände in Sicherheit bringen sollten. Zusätzlich kann man bei gefährdeten Küsten auch Mauern und andere Installationen errichten, die gewisse Maximalamplituden eines Tsunamis abhalten können. In Japan existieren heutzutage ganz viele solcher Einrichtungen. Da dies aber viel Planung und Koordination erfordert, erleiden

doch immer wieder ärmere Küstenregionen starke Schäden von Erdbeben und darauffolgenden Tsunamis.

Hokusais *Die grosse Welle vor Kanagawa* – Ein Kunstwerk mit Symbolkraft

Die verheerenden Auswirkungen von Tsunamis sind nicht nur ein Thema für Historiker und Wissenschaftler, sondern haben auch die Kunst inspiriert. So sind **Naturkatastrophen wie Tsunamis ein häufiges Motiv**, da sie die menschliche Ohnmacht angesichts der unberechenbaren Kräfte der Natur widerspiegeln. Ein herausragendes Beispiel hierfür ist *Die grosse Welle vor Kanagawa*, ein Werk des japanischen Künstlers Katsushika Hokusai. Es ist ein berühmtes Holzschnittwerk des japanischen Künstlers Katsushika Hokusai, das um 1831 entstanden ist. Es zeigt eine gewaltige Welle, die droht, drei Boote vor der Küste von Kanagawa zu verschlingen. Der Druck ist Teil der Serie *36 Ansichten des Berges Fuji*, in der Hokusai verschiedene Perspektiven auf den heiligen Berg darstellt. In der Darstellung ist der Fuji im Hintergrund sichtbar, während die riesige Welle das Hauptaugenmerk des Kunstwerks bildet. Die Welle wird in einem dramatischen Winkel abgebildet, was ihre Grösse und Macht betont. Die Welle wurde zu einem **Symbol für die unbändige Kraft der Natur**. Die Schiffe und ihre Besatzung in der Welle scheinen in Gefahr zu sein, was den dramatischen Aspekt der Szene verstärkt und die Ohnmacht des Mensch-

lichen im Antlitz der Natur darstellt. Trotz des überwältigenden Eindrucks der Welle bleibt der Berg Fuji ruhig und stabil im Hintergrund – ein Symbol für Unveränderlichkeit.

Der Stil von Werken dieser Art wird Ukiyo-e-Stil genannt. Ukiyo-e ist eine japanische Kunstform, die vor allem im siebzehnten bis neunzehnten Jahrhundert populär war und sich auf **Holzschnittdrucke** konzentrierte. Der Begriff Ukiyo-e (浮世絵) selbst bedeutet «Bilder der fließenden Welt» und bezieht sich auf Darstellungen des **Alltagslebens, Landschaften, Theaterfiguren und schönen Frauen**. Diese Kunstform spielte eine bedeutende Rolle in der japanischen Kultur. Das faszinierende daran war, dass man die einzelnen Drucke für relativ günstig verkaufen konnte, da man, sobald man die einzelnen Druckplatten hatte, unzählige Drucke damit anfertigen konnte. Hokusai war durch seine Experimentierfreudigkeit in Szenendarstellungen und Perspektivität ein einmaliger Pionier, der die impressionistische Kunst des Westens massgeblich beeinflusst hatte. Die grosse Welle und andere Bilder sind weltweit bis heute in der Popkultur stark verbreitet.

Verbindung zwischen Naturgewalt und Kunst

Ist nun die grosse Welle in Hokusais Meisterwerk ein Tsunami? Wahrscheinlich nicht. Es handelt sich wahrscheinlich einfach um eine Darstellung einer Sturmflut. Dennoch vermittelt *Die grosse Welle* eindrucksvoll

das Gefühl der Ohnmacht angesichts einer Naturkatastrophe. Hokusai hat mit seiner künstlerischen Interpretation eine **weitverbreitete Vorstellung von Tsunamis als riesige, brechende Wellen** geprägt. Aufgrund der Bekanntheit dieses Bildes wird es oft als allgemeine Darstellung der Kraft des Meeres genutzt. Vielleicht kommt diese typische «Bilderbuchdarstellung» eines Tsunamis als riesige, brechende Welle genau von der weiten Verbreitung dieses Kunstwerks. Somit ist es ein schönes Beispiel dafür, wie Kunst und Kultur die Vorstellungen von Naturkatastrophen in ganzen Populationen verändern können. Man könnte sogar sagen, dass diese Vorstellung von Tsunamis über einen grossen Teil der Weltbevölkerung wie eine unaufhaltbare Welle hinweggespült ist.



Abbildung 7.2: Holzschnittdruck des Bildes *Die grosse Welle vor Kanagawa* von Katsushika Hokusai, 1831.



What Quantum Mechanics Does to a Man

Rémi Peuscet Paul Adrien Maurice Dirac: behind this surprisingly French-sounding name lies a British physicist and mathematician with a quite ... original life. You might know him for his various scientific contributions, from the well-known bra-ket notation and Dirac equation to the more obscure Dirac Sea Concept and studies on magnetic monopoles. No topic in the realm of the quantum world was safe from him.

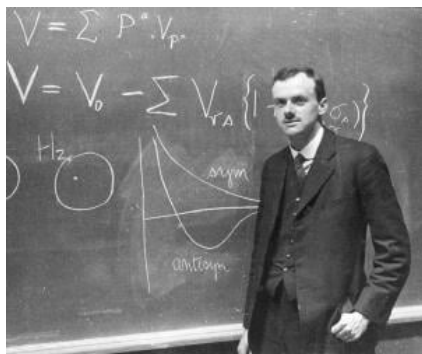


Figure 8.1: Paul Dirac.^[1]

It's with a highly mathematical approach that he tackled the problems faced by the newly emerging field of quantum mechanics. This turned out quite well, as he is now recognized as one of the founding fathers of quantum mechanics, or rather “a new productive form of atomic theory”, as the Nobel Prize Committee of 1933 phrased it. Whereas many physicists sought to interpret quantum mechanics and let intuition guide their understanding, Dirac could not be less bothered by it. As he himself stated: “The interpretation of quantum mechanics has been dealt with by many authors, and I do not want to discuss it here. I want to deal with more fundamental things.”^[2]

And fundamental things, he certainly dealt with. Solely basing himself on his own sense of mathematical “beauty”, he formu-

lated the Dirac equation in 1928 because he felt that the matrix approach of Heisenberg was “too ugly” to be true. Whether one agrees with this aesthetic criterion is up to the reader, but the equation was undeniably a scientific breakthrough, even predicting the existence of antimatter. More importantly, it satisfied Dirac's personal sense of elegance (despite still relying on matrices, but who are we to judge?).

Dirac was undoubtedly a great scientist, but his personality was nearly as fascinating as his research (or even more so, depending on whom you ask). The best link between his scientific contributions and his eccentric nature is probably the unit named after him. The “dirac” is a unit you probably have never heard about, despite it being useful in everyday life. One dirac is a speech flow rate of one word per hour. Needless to say, his colleagues, who created the unit, did not consider him the talkative type. To Dirac, speech was meant only to convey necessary information and only to express verifiable truths. Therefore, when a minister at a dinner party casually remarked on the windy weather, Dirac left the room, checked the conditions outside, and returned to confirm: “Yes, Sir.” Similarly, when Wolfgang Pauli commented on

some sheep outside a train window that they were freshly shorn, Dirac pointed out: “That’s true. At least on this side.”

Given such interactions, it is easy to imagine that [Dirac’s social exchanges with fellow physicists could rival any modern reality TV show](#). His biographer Graham Farmelo had a lot of fun transcribing several of them. Another one of these is an amusing exchange with Werner Heisenberg, who had a well-known reputation for womanizing. One day, Dirac asked: “*Why do you dance?*” “When there are nice girls, it is a pleasure,” Heisenberg replied. After pondering this response, Dirac asked: “But, Heisenberg, how do you know beforehand that the girls are nice?”

It can also be surprising to some readers that despite worshipping the beauty in nature through mathematics, [he had no sympathy at all for poetry](#). This feeling was so strong that he openly criticized Oppenheimer for his interest in poetry, as he wrote in a letter: “The aim of science is to make difficult things understandable in a simpler way; the aim of poetry is to state simple things in an incomprehensible way. The two are incompatible.”

His lack of comprehension towards less mathematical art forms should not narrow down our appreciation for his work and

philosophy. In an era where deep fakes and politicians who don’t fact-check are becoming the norm, perhaps modest, taciturn geniuses are exactly what we need. And in a world increasingly driven by predictability and artificial intelligence, eccentric personalities like Dirac’s remind us that originality is often unquantifiable (pun intended). After all, no AI could have predicted Dirac’s response when a journalist asked him in 1931: “What do you like most in America?” “The potatoes.”

Bibliography

- [1] D. Singh, “Paul Dirac Biography”, can be found under <https://www.thefamouspeople.com/profiles/paul-adrien-maurice-dirac-4044.php>, **2024** (accessed Apr. 5, 2025).
- [2] *Paul Adrien Maurice Dirac: Reminiscences about a Great Physicist*, First, (Eds.: B. Kurşunoğlu, E. P. Wigner), Festschrift Paul A. Dirac. Auch als Hardback-Ausg. ersch., Cambridge University Press, Cambridge, **1990**, 297 pp.
- [3] G. Farmelo, *The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius*, Faber & Faber, **2009**.
- [4] *Grands physiciens : Paul A. M. Dirac – Le Génie Taciturne*.



Waves Forever

The Chemistry of Perms

Emma Tita When I think about the 80s, I think of parties, drugs, sexual freedom, the best music ever made ... and the wildly tousled hair of Madonna, Olivia Newton-John and all the other girls that copied them to look as wild. The permanent wave was the fashion “must have”. But what is it with this “perm”? Where does it come from, and how does it work? And can it live up to its description of permanence?

Because isn't the first cardinal rule of perm maintenance that you're forbidden to wet your hair for at least 24 hours after getting a perm at the risk of deactivating the ammonium thioglycolate?

Elle Woods – Legally Blonde^[1]

The perm wave was invented and patented in 1909 by the German hairdresser Karl Ludwig Nessler as “A New or Improved Process of Waving Natural Hair on the Head.” His technique consisted of cow urine and water (chemistry let's go!!!) soaked hair strands tightly rolled on metal rods, which were strongly heated.^[2] Unfortunately, the heat application caused serious skin burns and hair loss during the first view trials. Attractive opportunity? For his first victim and later wife Katharina Laible apparently so.^[2] In the decades to come, Nessler and his peers continuously developed their thermal and alkaline applications and established perm waving as a fashion style for people all over the Western world. Even McDonald's invented a perm waving machine – for wavy fries, maybe?^[2] However, it wasn't until 1938 that Arnold F. Willatt invented the so-called cold perm, which

was the basis for all later methods.^[2] As the name already implies, this process can be **conducted at room temperature** and is therefore cheaper and easier to perform. Because it has such a permanent relevance even for hairdressers today – and because we love chemistry – we will take a closer look at this procedure.



Figure 9.1: Permed Olivia Newton-John.^[3]

First, a little excursion into understanding

the head hair:

Hair Structure

The visible part of a head hair is dead tissue of which 80 % is made up of a protein type called alpha creatine.^[4] A single hair strain consists of three layers: the outer cuticle, the cortex as the main substance and an inner space called the medulla.^[4] The voluminous cortex contains the majority of creatine, ordered in macrofibres.^[4] This fibrilla structural arrangement determines the hair's appearance and is responsible for hair stability.^[4] Therefore, it is most relevant for hairdresser applications such as perms.^[4] Subsequently, the key to understanding perm waves is the cortex, more specifically, the alpha creatine and its bundling behavior.^[4]

Alpha Creatine

This group of structural proteins appears mainly in mammals (and in pro fitness powder!).^[5] Their most interesting polypeptide chain region is structured in a right-handed alpha helix.^[5] Two of these helices can form a superhelix called coiled coil.^[5] The coiled coils can further accumulate to protofibres, which arrange in microfibrils, eventually building the aforementioned macrofibres with numerous creatine proteins affiliated.^[5]

Alpha creatine contains a high amount of the amino acid **cysteine** (about 14 % in human hair), which can build strong disulfide bridges due to its reactive sulfur atom.^[5]

These bridges are one of the main driving forces for the coiled coils to form, as they prevent the creatine proteins from slipping past each other.^[5] Therefore, they are largely **responsible for the elasticity of the hair**.^[5] Though strong, the disulfuric interactions can be disturbed by using a reducing agent which nucleophilically attacks the electrophilic union, which leads to a substitution.^[5] So, let us look for the best agent.

Reducing Agent

Commonly used substances to achieve a disulfuric break are thiol derivates, as they allow easy and specific substitutions. But to achieve high efficiency, it is very important to work in a basic environment because the anion thiolate is a stronger nucleophile than its protonated partner (I learned something in ACOC 2!!!!).^[6]

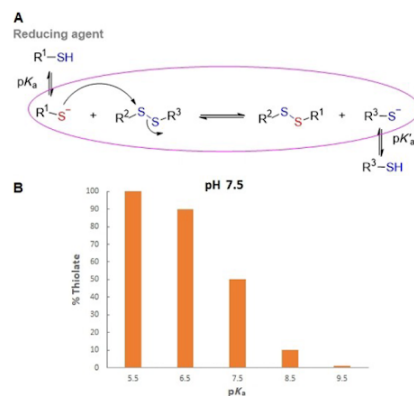


Figure 9.2: **A** Mechanism of the disulfide bridge reformation.^[6] **B** Percentage of anion thiolate dependent on pK_a at pH 7.5.^[6]

The Chemical Perm

With this small excursion, we are now ready to fully comprehend the cold perm wave formation. First, the hair is tightly curled onto rods. Then (surprise, surprise), a solution of ammonium thioglycolate, a reducing agent, is applied, which leads to the regression of the disulfuric bonds between the creatine molecules in the cortex layer.^[2] Subsequently, **these molecules can slide past each other more easily** and thereby adjust to the rod conducted hair shape in new macrofibres. Then the hair is rinsed with water in order to neutralize the remaining thioglycolate and, to quench the reaction, an oxidation lotion, classically hydrogen peroxide, is added.^[2] This prevents further reductions and **enables the reconstruction of the disulfuric bridges** between the cysteine residues, giving back elasticity and stability to each hair strand. But as the position of the creatine molecules has changed in the process, the location of those bonds is now different. The result: tightly curled hair with hope for permanence.

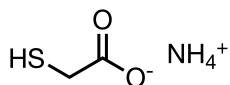


Figure 9.3: Ammonium thioglycolate.

From Nessler's heat application and Willatt's cold perm, a huge variety of different perm procedures were invented, using different chemical and thermal methods. The acid perm from the 90s and the digital

perm from the 2010s are two prominent examples.^[7] The main improvements over the decades were gentler reducing agents and less heat application.

But how permanent are those permanent waves? Well, like so many things in life, they are not. But why not? Of course, bad application with insufficient exposure to the alkaline solution as well as incorrect heating can reduce the quality of a perm from the start because **the disulfide bridges are at neutral pH in a dynamical equilibrium referred to as sulfhydryl/disulfide (SH/SS) interchange**.^[8] These bond exchange reactions are heat and pH sensitive.^[8] Therefore, heat combined with water or reductive agents can push this balance away from the SS form, which is supposed to hold the hair in place. This is exactly the fundamental perm formation mechanism. If for example the pH is not neutralized correctly, not enough SS bonds are formed, which leads to less permanency of the curls. To find an optimum here is actually very difficult as the individual hair structure may adhere to very different perming conditions.

But even under ideal conditions, perms are not forever lasting. If, for example, you often take part in the sauna sessions of the ASVZ, your hair (head hair!) might deform again – unless you curl it onto rods beforehand. Also, natural weathering through exposure to different environments, for example bleaching solution etc. can lead to unfavorable deformation.^[8] However, the main

reason why a frequent redo is necessary is quite simple: hair grows.

Bibliography

- [1] A. Hurtado, “Channel Elle Woods’ Determination With the 35 Best Quotes From ‘Legally Blonde’”, can be found under <https://parade.com/1017351/alexandra-hurtado/legally-blonde-quotes/>, **2025**.
- [2] Yale Scientific, “How does a perm work?”, can be found under <https://www.yalescientific.org/2010/04/everyday-qa-how-does-a-perm-work/>, **2010**.
- [3] CapelliStyle, “Olivia Newton-John: tutti i suoi look da Grease a oggi”, can be found under <https://www.capellistyle.it/grease-acconciature/102385/>, **2020**.
- [4] C. Orfanos, H. Ruska, *Archiv für Klinische und Experimentelle Dermatologie* **1968**, 231, 264–278.
- [5] U. Helmich, “Keratin”, can be found under <https://u-helmich.de/bio/lexikon/K/Keratin.html>, **2024**.
- [6] S. N. Mthembu, A. Sharma, F. Albericio, B. G. de la Torre, *ChemBioChem* **2020**, 21, 1947–1954.
- [7] Perm, “The History of the Perm: From the 80s to Now”, can be found under <https://permhaircut.com/the-history-of-the-perm-from-the-80s-to-now/>, **2024**.
- [8] F. J. Wortmann, C. Jones, T. J. Davies, G. Wortmann, *Biophys. J.* **2021**, 120, 3831–3840.



Wellen

Der Herzschlag der Ozeane

Luise Hahne Ozeane faszinieren. Sie sind in ständiger Bewegung, wirken lebendig und unberechenbar. Die endlosen Täler und Berge der Wellen bestimmen das Wesen der See. Sie können sanft sein und im nächsten Moment zerstörerisches Ausmass annehmen. Sie sind für Segler daher nicht nur physikalische Erscheinungen, sondern in erster Linie Herausforderungen, die das Leben auf See massgeblich beeinflussen und jedem Einzelnen Respekt abverlangen. Es erfordert genaue Beobachtungen, Berechnungen und eine ordentliche Portion Erfahrung und Intuition, um ein dynamisches Miteinander auf See zu erzielen, um sich mit ihr keinen erbitterten Kampf zu leisten – denn dieser wird meistens verloren.

Ein Meer ohne Wellen kann man sich schwer vorstellen. Das liegt daran, dass auf offener See fast immer zumindest etwas Wind weht. Dieser erzeugt Wellen. Die Energie aus der bewegten Luft wird beim Auftreffen auf die Wasseroberfläche an diese weitergegeben, wodurch sich das Wasser zu kräuseln beginnt. Je länger und stärker der Wind bläst, desto mehr wachsen die Wellen. Diese lokalen Wellensysteme werden **Windwellen oder Windsee** (engl. *wind waves*) genannt. Sie sind unregelmässig und teils etwas chaotisch, da der Wind in Böen kommen kann. Beobachtet man unter den Windwellen regelmässige, grosse Wellen, deren Periodenlängen grösser sind, sind das Dünungen (engl. *swell*). Sie können zwei Ursprünge haben: Entweder beobachtet man die Auswirkungen eines Wellensystems in geografischer Entfernung, deren Ausläufer sich über die Distanz zusammengelagert haben und so zu regelmässigen Wellen geworden sind, oder man beobachtet die Nachwirkungen eines starken Wellensystems, das am gleichen Ort aber

vor einiger Zeit entstanden ist.



Abbildung 10.1: Wenig Wind bedeutet kaum Wellen.

Wellen können aber auch durch etwas anderes als Wind entstehen. Beispielsweise können Erdbeben oder Unterwassererdrutsche zu extrem grossen, langen Wellen führen, die Tsunamis genannt werden. Auf See sind diese nicht weiter besorgniserregend. Wenn sie jedoch auf Küste treffen, richten sie grosse Zerstörung an. Auch die Gezeiten können mancherorts zu Wasserbewegungen führen, die besonders in Küstennähe als Tidenwellen sichtbar sind. Eine letzte Wellenart galt lange Zeit als Seemannsgarn.

Sie wurde 1995 jedoch erstmals wissenschaftlich bestätigt. Die Rede ist von **Monsterwellen, Kaventsmännern oder «Rogue Waves»**. Sie können entstehen, wenn starker Wind in die entgegengesetzte Richtung der Meeresströmung weht. Dadurch werden die Wellen kürzer, steiler und höher. Durch ihre Überlagerung entstehen so Wellen mit Höhen von bis zu vierzig Metern. Die Forschung zu Rogue Waves begann 1995 durch das verstärkte Interesse von Schiffsversicherungsgesellschaften. Aber schon früher gab es Interesse an diesen Ausnahmewellen. So nutzte Alfred Osborne 1965 erstmals die **Schrödingergleichung, um die nichtlineare Ausbreitung von Hochseewellen zu beschreiben**. Seit der aktiven Forschung ist auch bekannt, dass «Ausnahmewellen» keine zutreffende Bezeichnung ist. Radarmessungen haben innerhalb von zwölf Jahren 466 Monsterwellen gemessen. Das sind etwa 38 Wellen pro Jahr im gegebenen Messungsraum. Von 2000 bis 2003 fand das **MaxWave-Projekt** statt, wobei die europäischen Umweltsatelliten der ESA zur Wellenmessung genutzt wurden. Sie dokumentierten als Maximum in drei Wochen zehn Wellen mit Höhen von mehr als 25 Metern. Trotz der betriebenen Forschung liegt der Grossteil des Wissens zu dieser Wellenart immer noch im Dunkeln.

Meine Erfahrungen aus einem halben Jahr auf See haben gezeigt, dass ein seichter Seegang bedeuten kann, dass man leicht in den Schlaf geschaukelt wird, wohingegen mich raues Wetter teils tagelang um ordent-

lichen Schlaf gebracht hat. Auch macht es einen grossen Unterschied, wie das Schiff durch die Wellen geht. Dabei unterscheidet man Rollen und Stampfen (engl. *rolling and pitching*).



Abbildung 10.2: Das frontale Auf und Ab durch Wellentäler und -berge heisst Stampfen.

Bewegt sich das Schiff im ca. 90°-Winkel zur Wellenrichtung, wird es von links nach rechts hin und her bewegt. Je nachdem wie ausgeprägt das Rollen ist, kann es den Alltag stark erschweren. **Geradeauslaufen wird zur Herausforderung**, genauso wie vorsichtiges Schliessen von Türen, Öffnen von Schränken ohne, dass der Inhalt auf einen kippt, und Kochen ohne, dass der Inhalt der Töpfe auf dem Boden landet. Bewegt sich das Schiff in die entgegengesetzte Richtung der Wellen, stampft es durch die Wellentäler. Während des Auftreibens auf den Wellenberg scheint noch alles gut zu sein, bis man dann abrupt in das Wellental fällt. Dabei kann man durchaus auch kurz schwerelos werden, was den folgenden Aufprall nur noch unangenehmer werden lässt. Besonders beim Versuch zu schlafen, ist die-

se Bewegung sehr anstrengend, da man ungebremst auf den Bettkasten aufschlagen kann, was den «Versuch» meistens fehlschlagen lässt. An Kojen auf Segelschiffen sind daher Lee-Segel befestigt, die man jedes Mal, bevor man zu Bett geht, über sich festmacht. Durch diese Segeltuchstücke wird das **Aus-dem-Bett-Fallen verhindert**. Besonders unangenehm ist die Kombination beider Bewegungen, wenn sich das Schiff gerade schräg zur Wellenrichtung fortbewegt.



Abbildung 10.3: Raues Wetter kann Unannehmlichkeiten wie nasse Füße oder schlaflose Nächte bedeuten.

Jeden Tag zu sehen, wie das Meer ruhig und

friedlich oder brutal und unerbittlich sein kann, ist eine sehr eindrückliche Erfahrung gewesen. Sie lehrte mich, Respekt vor der Kraft der Natur zu haben und niemals meine eigenen Fähigkeiten zu überschätzen, denn gegen die Naturgewalten kommen wir Menschen an Land vielleicht recht gut an, auf hoher See jedoch nur sehr begrenzt.



Abbildung 10.4: Krängung (engl. *heel*), Seegang und das Rollen entstehen durch Wind.



Studierendenaustausch

ETH Zürich trifft Imperial College London

Leonard Hummer, Olga Palfy, Donata Giuliani Am 21.–24. Februar fand unser Studierendenaustausch zwischen der VCS und der ChemIng Society des Imperial College London statt – vier Tage voller neuer Eindrücke, ein bisschen Wissenschaft und natürlich einer gesunden Dosis Alkohol. Von Sightseeing über spannende Vorlesungen bis hin zu legendären Abenden in Londons Bars und Clubs war alles dabei.

Am Freitag ging's los. Nach einem kurzen Flug landeten wir in London und machten uns auf den Weg zum ICL, wo uns unsere Hosts mit Pizza empfangen. Während manche sich nach dem Essen direkt ins Bett verabschiedeten, um für den nächsten Tag fit zu sein, ging es für andere direkt weiter ins Londoner Nachtleben. Schliesslich muss man ja auch die **lokale Bar- und Pub-Kultur** studieren – rein aus akademischem Interesse natürlich.

Der Samstag begann mit einer **Sightseeing-Tour durch das Herz von London**. Unser Guide führte uns zu den bekanntesten Wahrzeichen: Westminster Bridge, Big Ben, das London Eye, Shakespeare's Globe Theatre und die beeindruckende St. Paul's Cathedral. Selbstverständlich durfte auch ein kurzer Fotostopp nicht fehlen – denn was wäre eine London-Reise ohne ein paar ikonische Bilder für die Erinnerung (und für das VCS-Insta)?

Nach dem offiziellen Teil trennten sich die Wege. Einige nutzten die Gelegenheit, sich den Borough Market genauer anzusehen und dort bei einem der unzähligen Food-Stände ein ausgiebiges Mittagessen zu geniessen. Andere erkundeten China-

town oder machten eine kleine Shopping-tour in Soho. Und natürlich gab es auch die, die sich einfach in den nächsten Pub setzten – **schliesslich ist so ein Sightseeing-Tag anstrengend**.



Der Abend verlief ähnlich. In kleineren Gruppen zogen wir erneut durch die Londoner Barszene, einige landeten in Clubs, andere entschieden sich für entspanntere Runden in Pubs. Insgesamt ein gelungener Abschluss eines ereignisreichen Tages.

Sonntag war komplett zur freien Verfügung.

Manche trafen alte Freunde, die in London leben, andere gingen in Museen, spazierten durch den Hyde Park oder testeten sich durch weitere Cafés und Restaurants. Die Stadt hat schliesslich genug zu bieten.

Das Highlight des Abends war allerdings die **gemeinsame Verfolgung der deutschen Bundestagswahl in einem Gruppenraum des ICL**. Natürlich wäre es zu langweilig gewesen, die Wahlergebnisse einfach nur still zu betrachten – also wurde ein Trinkspiel daraus gemacht. Die britischen Hosts waren auch dabei und bekamen eine live Übersetzung, damit sie verstehen konnten, warum wir das nicht nüchtern ertragen konnten.

Am Montag wurde es dann wieder etwas akademischer. Der Tag begann mit einer **Gastvorlesung von Prof. Jason Hallett**, der über Spin-Offs und Unternehmertum sprach. Er stellte die sieben Firmen vor, die aus seiner Forschungsgruppe hervorgegangen sind, und schaffte es, das Thema nicht nur informativ, sondern auch unterhaltsam zu präsentieren. Eine Mischung aus Wissenschaft, Business und Anekdoten aus der Gründerszene – was will man mehr?

Danach bekamen wir eine exklusive **Führung durch die Carbon Capture Plant des ICL von Prof. Colin Hale**. Nachdem wir die beeindruckende Laboranlage besichtigten,

bekamen wir eine Tour über den Campus. Die Führungen gaben uns spannende Einblicke in die Forschung des ICL und rundeten unseren Aufenthalt akademisch ab.

Einige nutzten den restlichen Nachmittag noch für einen Abstecher ins Science Museum, bevor es dann Richtung Flughafen ging. Trotz Müdigkeit und vielleicht dem ein oder anderen Kater waren sich alle einig: Es war ein rundum gelungener Austausch.



Prof. Dr. Exsikkator – Sprechstunde

Was auch immer dich bewegt – wir sind für dich da

Prof. Dr. Exmeralda Exsikkator

Markus (19, ChemIng) fragt:

In einem Monat habe ich Osterferien und als ETH-Student bin ich es nicht gewohnt frei zu haben. Wie kann ich diese seltene Ferienzeit am besten verbringen?

Lieber Markus

Es freut mich sehr zu hören, dass du noch glaubst, in den Ferien auch tatsächlich frei zu haben. Diesen Spirit solltest du auf jeden Fall beibehalten. Ein gutes Mindset ist der erste Schritt zum Erfolg! Die ETH schläft allerdings nie und die Ferien sind die perfekte Gelegenheit, um deine innere Academic Weapon zu channeln und ein bisschen vernachlässigte Serien aufzuholen.

Dennoch ist auch eine Pause wichtig. Persönlich kann ich dir in deinen Lernpausen empfehlen, deine Trinkspielfähigkeiten zu verbessern. Dabei kannst du auch gleich deinen Freunden zu Hause zeigen, wie an der ETH getrunken wird. So hältst du auch deine Toleranz auf dem gleichen Niveau und bist im Mai wieder direkt für ein paar Runden Bierpong bereit.

Denk daran: An Feiertagen darf man sich auch mal etwas gönnen. Frohe Ostern!

Alles Liebe

Prof. Dr. Exsikkator

Veronika (20, Chemie) fragt:

Ich finde meine Lab-Partnerin mega hot und würde sie gerne verführen. Kannst du mir helfen, besser im Lab-Outfit auszusehen, damit ich sie beeindrucken und von mir überzeugen kann?

Liebe Veronika

Ich finde es super, dass in deinem Labor auch Liebesdämpfe umherschweben. Studium an der ETH ist nicht immer nur Leiden, sondern man kann auch seine grosse Liebe finden.

Als ersten Schritt, um dein Auftreten nach und nach zu verbessern, kann ich dir empfehlen, Slut-Strands auf der Laborbrille auszubasteln. Damit kannst du nicht nur auf der Piste, sondern definitiv auch im Lab alle Blicke auf dich ziehen.

Ausserdem solltest du dem SPH einen Besuch abstatten und deinen Labcoat mit süssen Designs verzieren. Am besten baust du ein paar Witze ein. Dann hat dein Crush direkt die Chance, dich darauf anzusprechen. Der ultimative Spielzug ist allerdings, einfach nur im Labcoat, ohne etwas darunter, zu kommen 😊 Doch pass auf, dass du keine Verätzungen auf deine entblösste Haut bekommst.

Viel Erfolg bei deinem Lab-Glowup und alles Gute für dein Liebesleben!

Liebe Grüsse

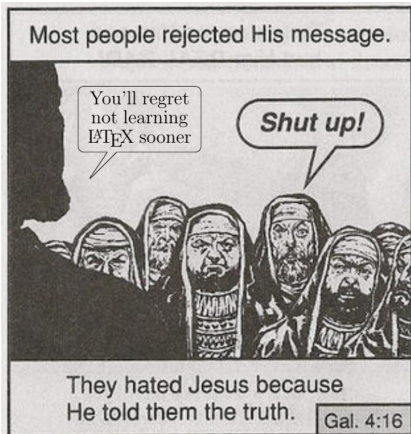
Prof. Dr. Exsikkator



Abbildung 12.1: Prof. Dr. Exmeralda Exsikkator ist Professorin am Institut für Molekulare Physikalische Wissenschaft und am Laboratorium für Physikalische Chemie am D-CHAB und forscht daran, Schrödingers Katze zu retten und aus Studierenden das chemische Potential μ_i herauszukitzeln. In ihrer Freizeit surft sie Wellengleichungen im Zürichsee und unterstützt beim Exsi Studierende mit ihrer Erfahrung.

Memes

Nonô Saramago

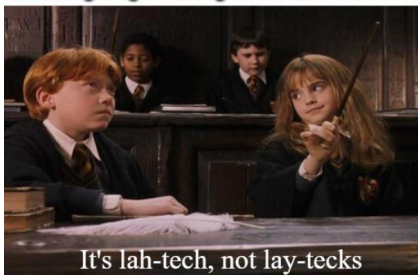


Her: I only date bad boys
Me:

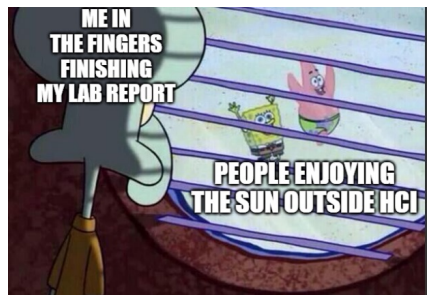
[Badbox](#) | [line 37](#) | [Underfull \hbox \(badness 10000\)](#)



When people mispronounce L^AT_EX



International students next semester when they start falling asleep in class and remember they are paying 3x as much for this now



Mind the Gaps

Never Mind, Your Brain Already Did

Lara Moser

Bits, Brains, and the Business of Meaning

Reality, as we've come to understand it, isn't a seamless flow of continuity – it's more like a patchwork of discrete building blocks, a quirky mosaic stitched together from fundamental pieces. The quantum revolution came in like a particularly rude guest, shattering the classical illusion of smoothness and revealing that matter and energy are quantized – chopped into tiny, non-negotiable units. The impression of continuity appears to be an illusion of our tacky perception. Because no matter how far we zoom into the fabric of things, at some point, we trip over fundamental chunks – these little units that stubbornly refuse being divided any further. **But physicists weren't the only ones to stumble on this pixelated underside of reality.** A few philosophers and engineers poking around the concept of information ran into the same wall – just dressed in a little less math.

We used to imagine knowledge and meaning as some kind of amorphous fluid – flowing between minds, soaking through context like osmosis with a literary degree. But then we started encoding the world into digital systems. Suddenly, it wasn't just matter that appeared quantized – our very understanding of information began mimicking this discrete architecture. And so, we

chopped it up too. Into bits. Neat, binary, brutally simple. One or zero.

Everything we encode, process, and store – from literature to genetics, from financial transactions to personal memories – resolves into sequences of these little units. As atoms form molecules and quantum states form the building blocks of all interactions, bits assemble into complex informational structures that mimic the knowledge we want to capture. Well, “mimic” is doing a lot of heavy lifting there. The analogy holds just enough to be unsettling. The thought that our entire reality might strip down to some kind of LEGO-like system of interchangeable data blocks – charming, if you like your existential dread in modular form. Unclear who assembled the set. Or if they've read the manual.

Information – A Rather Fancy Word for Not Knowing Stuff

At its core, information is the reduction of uncertainty – the ability to distinguish between possible states, between “this” and “not this.” In classical terms, it's what allows a message to be understood, a code to be cracked, a signal to be received. But it's also more than that. In physics, information is the way reality organizes itself, from the spin of an electron to the arrangement

of galaxies. Still, how exactly does this play out in human contexts – how do we use information?

Enter Claude Shannon: the man who stared into the abyss of scrambled telephone signals and said, “Ah, I can count this.” In an attempt to understand how messages survive distortion, he formalized information into units – and in doing so, he also revealed just how much of our communication relies on predictability and pattern. Shannon, however, didn’t stop there. He introduced the concept of entropy in information theory, which measures the amount of uncertainty or randomness in a message. In a way, entropy is the cost of information – it tells us how much work we need to do to extract meaning from noise. If a message is completely predictable, it carries almost no information because we already know what’s coming. On the other hand, if a message is completely random, it carries high information content but also becomes much harder to decode – good luck with that if there’s no divine intervention. In this framework, meaning becomes something probabilistic – more about managing expectations than delivering absolute truths. Which, let’s be honest, sums up most conversations anyway.

When Meaning Needs a Little Extra Baggage

This brings us to redundancy – language’s built-in safety net. Unlike machine code, human language is pretty messy. It’s full of

shortcuts, context clues, tautologies and the occasional “you know what I mean.” Things that would make a compression algorithm weep, but make conversations comprehensible and in the best case – even enjoyable.

Language isn’t just about efficiency – it’s the way we express ourselves, it’s about poetry, rhythm, clarity, and error tolerance. We don’t just want to transmit a message – we want to make sure it lands with still enough wiggle room left. So yes, language is a very predictable and decompressed structure we operate in. When you see a word starting with “Q,” your brain already queues up a “u.” We know “e” will outnumber “z” by a landslide. Our brains navigate language through statistical patterns, decompressing a stream of fuzzy cues into coherent meaning. In contrast, a perfect compression algorithm aims to minimize redundancy, squeezing the message into the smallest possible space while keeping it intelligible. **Compression is for files. Language is for humans.**

Eloquence and the Elegant Waste of Words

Russell and Wittgenstein were not exactly fans of the fuzziness. Whereas it doesn’t seem so off the bat to store information in a very precise and discrete manner – the way human interactions and the mind work seem quite a bit like a different thing. Faced with the slipperiness of natural language and the emotional baggage of human rea-

soning, Bertrand Russell and his protégé Ludwig Wittgenstein dreamt of a perfectly logical scaffolding – a system in which thoughts could be broken down into discrete, atomic propositions. No wiggle room here.

This became the foundation of logical atomism: the belief that the world consists of simple, indivisible facts and that language, if properly structured, could mirror this architecture – like IKEA instructions for existence. For them, a sentence wasn't just a string of words – it was a map of reality with different pointers directing to the corresponding corporeality, with each atomic proposition snapping neatly into place like a piece of a puzzle – unambiguous. Wittgenstein, in his *Tractatus Logico-Philosophicus*, envisioned a world where meaning could be dissected with surgical precision, where ambiguity was not a feature but a flaw of our way of communicating. He would later abandon that dream, probably after discovering dinner parties – but in his early phase, the idea was clear: to model language after logic, as though it were something we could finally get right.

Remembering – A Draft Revised

The perception of the continuous flow doesn't stop at language. Take a moment to recall a memory – say, the famous scene in Marcel Proust's *In Search of Lost Time*, when the taste of a madeleine triggers an entire world to flood back into consciousness. What returns isn't a neatly indexed

database of facts. It arrives like a dream: blurred edges, rich impressions, layered associations. **It unfolds not as data, but as a story.** If you describe it to someone, you have to do so in chunks: words, sentences, images. Each bit adds detail, filling in the picture. But here's the thing – your listener doesn't see a list of facts – they see a whole scene. Their imagination fills in the gaps between the details you provide. Your brain does so, too. When we recall, we don't remember in fragments – we hallucinate coherence. Even when we fabricate or misremember, the illusion holds. Our minds fill in the blanks so well, we forget there were blanks at all. So whether we're storing bits on a hard drive or memories in a brain, the raw material seems to be discrete. The magic happens in the reconstruction.

Bits, Blended for Human Consumption

In science, computation, and logic, discreteness is everywhere. We count things, categorize things, put things into boxes – because it makes them easier to work with. But at the same time, our experience of that world remains fluid, immersive, and gapless – an illusion we live in without question.

Consider how we see motion. A movie is just a sequence of still images flashing rapidly – discrete frames – but we don't see it that way. Our brains smooth over the gaps, making it feel continuous. The same goes for knowledge – it's stored in

discrete parts, neurons fire in certain patterns, but we experience it as fluid and uninterrupted. And here and there certain details get added to form a more coherent picture – voilà. This doesn't only result in thoughts being a high-definition illusion, but also makes the brain a heavily unreliable narrator. **It's constantly rationalizing itself into sanity.** This doesn't only regard behavioral matters – self-deception's favorite playground – but also the sequence of occurrences, tweaking timelines and sprinkling in some footnotes here and there. Our perception of a continuous world is just an emergent effect of how our minds pro-

cess fragmented data in clever, but deeply flawed ways. We like to think we're fluent in logic and information. But most of the time we're just surfing noise, hoping the wave doesn't break too soon. What we're being served may not be truth, but rather chunks of information – blended together into an easier digestible cognitive soup. Maybe not always seasoned well, but at least home-made. Bon appétit.



Prof. Chen im Gespräch

Weil die Energie niedriger ist!

Connor Pütz, David Muñoz de la Espada Prof. Peter Chen ist seit 1994 Professor für Physikalisch-Organische Chemie am D-CHAB. Nach fast 20 Jahren seit unserem letzten Interview mit ihm 2006, hat er sich Zeit genommen, um mit dem Exsi über seinen akademischen Lebensweg, seinen Vergleich zwischen der Hochschullehre in den USA und in der Schweiz und seine Pläne nach der Pensionierung zu reden.



Sie haben mehrmals erwähnt, dass Sie aus Akron, Ohio, stammen. Wie hat die Stadt Ihre wissenschaftlichen Ambitionen beeinflusst und hatten diese etwas damit zu tun, dass Akron das «Rubber Capital of the World» ist? Ich bin eigentlich in Salt Lake City geboren, als mein Vater Postdoc war. Meine Eltern waren beide Chemiker. Mein Vater hat in Illinois an der Universität promoviert und ging dann nach Utah für einen Post-Doc. Ich wurde in dieser Zeit dann geboren. Erst danach hat er die Stelle in Akron gefunden. Akron war ei-

ne Industriestadt. Mein Vater arbeitete bei Goodyear, dem damals grössten Reifenhersteller in den USA. Ich ging an die Firestone High School, aber es gab in der Stadt auch eine Goodrich Junior High School. Alles hatte irgendwie mit Reifen zu tun. Es gab auch eine sehr hohe Dichte an Chemikern, denn die Reifenfirmen machten sehr viel Polymerchemie. Das war nicht schlecht, denn **so hatte Chemie dort auch ein hohes Ansehen**. Der Midwest war damals das Industriekerngebiet der USA.

Ich bekam dadurch grossen Respekt für die Industrie, die etwas produziert. Das waren gute Jobs, nicht nur für die Naturwissenschaftler, sondern auch für die Fabrikarbeiter. Damals konnte man sich sogar mit dem Lohn in der Stadt als Fabrikarbeiter ein kleines Haus kaufen. Das ist heute viel schwieriger geworden. Es gab in den 70er-Jahren, als ich die Sekundarschule abgeschlossen hatte, eine sehr starke Deindustrialisierung, die für das ganze Gebiet ziemlich prägend war. Diese Erfahrung hat bei mir ein sehr grosses Interesse am Thema der Konkurrenzfähigkeit durch Innovation geweckt.

Hatten Sie jemals mal darüber nachgedacht, etwas anderes als Chemie zu ma-

chen? Ich bin ein sogenannter ABC – American Born Chinese. Das heisst, in den USA war ich das, was wir hier als Secondo bezeichnen. Meine Eltern waren die Einwanderergeneration. Ich wurde in den USA geboren. Und gegen die ABCs in den USA gibt es ein Vorurteil, das eigentlich nicht unberechtigt ist, dass alle guten Studierenden dann Medizin studieren. Mein älterer Bruder wollte Geschichte studieren. Er ist Mediziner. Mein jüngerer Bruder wollte Bauingenieur werden. Er ist Mediziner. Meine Schwester wollte heiraten und Kinder kriegen. Sie ist Medizinerin. Ich wollte schlicht kein Mediziner sein. Ich musste dagegen kämpfen. Ich wollte forschen.

Für mich war die Chemie irgendwie konkreter als die Physik oder Biologie. Es gab Anfang des neunzehnten Jahrhunderts einen Chemiker, Marcellin Berthelot, ein Franzose. Er schrieb eines der allerersten Lehrbücher über Chemie. Darin schrieb er: «La chimie crée son objet». Das heisst, die Chemie kreiert ihr eigenes Objekt. Ich hatte das schon immer gedacht. Das heisst, man schafft etwas. Es ist konkret. **Man kann das Geschaffene in den Händen halten.** Diese Art von Schöpfung ist eigentlich mein Ansporn für die Forschung.

Auf jeden Fall. Gerade in der OC. Ja, gerade in der OC. Aber mein Vater war Physikochemiker und meine Mutter war Anorganikerin, also musste ich irgendwie einen Mittelweg finden. *Lacht.*

Absolut. Gab es in Ihrer Zeit als Student irgendwelche Kurse, bei denen Sie eventuell etwas Schwierigkeiten hatten? In den USA ist das System ganz anders. Wir haben nicht nur die Prüfung ganz am Ende des Semesters oder nach zwei Semestern. Es gibt während des Semesters alle paar Wochen Zwischenprüfungen. Einerseits kann man sagen, man behandelt die Studenten immer noch wie Schüler. Andererseits hat man ein Echtzeit-Feedback. Als ich die Organische Chemie zuerst besucht habe, habe ich in der allerersten Zwischenprüfung ein C bekommen. Das ist eine 4.0. Das war für mich peinlich. Ich hatte in der Allgemeinen Chemie im ersten Studienjahr ausgezeichnete Noten. Aber die allererste Note in der Organischen Chemie im zweiten Studienjahr war ein C. Ich hatte damals gedacht, dass ich alles dann herleiten könnte, was eigentlich stimmt, aber es braucht zu viel Zeit und ich konnte die Prüfung nicht zu Ende schreiben. Ich habe meine Lernstrategie dann angepasst und hatte bis zum Ende des Quartals die allerbesten Noten in der Klasse bekommen und zwar mit grossem Abstand. Aber **diese erste Prüfung war für mich eine Überraschung.** Man hat so viel Stoff. Das habe ich dann auch hier in der Allgemeinen Chemie betont. Es ist nicht gut genug, dass man die richtige Antwort bekommen kann. Man muss sie schnell genug bekommen.

Sie haben ja jetzt beides gesehen: Einerseits dieses System mit sehr vielen klei-

neren Prüfungen, andererseits das System, das wir hier haben, eine Riesenprüfung am Ende des Jahres. Was, würden Sie sagen, ist der Unterschied zwischen den Prüfungssystemen in den USA und an der ETH?

Hier gilt nur, was man bei der Endprüfung erzielt. Man ist sich selbst überlassen. Man sagt: «It's your own business, it's your life, right?» Man wird als Erwachsener behandelt. In den USA ist es ein bisschen komisch, weil man die hohen Studiengebühren hat. Ich habe auch damals berechnet, wie viel ich pro Vorlesung bezahlte. Ich sagte, ich würde dieses Geld nie wegschmeissen. Ich sollte die Vorlesung besuchen. Aber dadurch werden dann in den USA die Studierenden fast bevormundet. Es ist nicht ganz konsequent.

Oh, ja. Hier ist die universitäre Ausbildung eigentlich sehr teuer, aber die Mehrheit der Kosten liegt nicht direkt bei den Studierenden, zumindest bis jetzt. Das heisst, ich bezahle für die Ausbildung, egal ob meine Kinder gehen oder nicht. Und **man behandelt die Studierenden als Erwachsene, die ihre eigenen Prioritäten setzen sollten.** Aber manche sind vielleicht noch nicht dafür bereit.

Aber ist das wirklich eine Frage der Philosophie, welches System man will? Die USA haben ein ganz anderes System. Ich selbst bin Produkt des US-Systems. Eines, was ich nach fast 31 Jahren in der Schweiz gelernt habe, ist, dass wenn man das System wechselt, kann man nicht einfach ein

Feature von einem System auf ein anderes transplantieren. Das heisst, wenn man eine Änderung macht, muss die begleitende Änderung auch kommen.

Ja. Hatten Sie, als Sie Student waren, eine:n Professor:in als Vorbild? Ich hatte viele sehr gute Professoren. Ich war an der Universität Chicago und **die Universität war damals sehr stolz darauf, dass das College relativ klein war.** In meinem ganzen Jahrgang waren insgesamt 600 Studierende. Relativ zur Fakultät war die Studentenzahl relativ klein. Das hiess, es gab sehr viel direkten Kontakt und viele Möglichkeiten.

Das ist ein Grund unter anderen, warum ich diese Universität gewählt habe. Ich begann im zweiten Jahr direkt in einem Labor zu arbeiten. So hatte ich schon drei Jahre Laborarbeit gemacht, bevor ich mein Bachelorstudium absolvierte. Mein Chef war Professor N. C. Yang. Er hat mir sehr geholfen, aber ich hatte sehr viele, sehr gute Professoren.

Haben Sie auch einen Mentor in Ihrem Doktorvater gefunden? Ja. Für meine Promotion ging ich nach Yale. Ich habe mich der Forschungsgruppe von Jerry Bereson angeschlossen. Weil ich bereits in einem Labor gearbeitet habe, hatte ich schon gelernt, dass es bei der Wahl des Doktorvaters nicht nur um die Wissenschaft geht. Man sagt, dass alle Abgänger bzw. Abgängerinnen von einer Gruppe denselben Stallgeruch haben. Es gibt auch im Internet den akademischen Stammbaum. Man organi-

sieht die verschiedenen wissenschaftlichen Stammbäume, weil alle Abgänger bzw Abgängerinnen von einer Gruppe gewisse Ähnlichkeiten zeigen. Sie übernehmen die Einstellung oder Taktik vom Doktorvater. Der Doktorvater hat eine Funktion als Vorbild. Ein Grund, warum ich Berson gewählt habe – er war ausgezeichnet, ein hervorragender Wissenschaftler – aber er war auch ein Gentleman. Ich sagte mir: «Hier ist jemand, der Top of his Field ist und er ist immer noch höflich, integer und grosszügig. Ich will wie er sein.» Bei einer Promotion geht es nicht nur um die Forschung selbst. Man muss eine Person finden, die einem nicht nur die Wissenschaft vermitteln kann, sondern auch die Denkweise und die Freiheit.

War es für Sie schon von Anfang an klar, ob Sie in die Industrie oder in die Forschung wollten, oder standen Sie nach Ihrer Dissertation vor einer grossen Entscheidung?

Ich wollte immer an eine Universität gehen. Mein Vater forschte in der Industrie. In den Siebzigerjahren – es war vielleicht nicht die beste Zeit – gab es viele Entlassungen, die Firmen schrumpften und es gab eine Umstrukturierungswelle. Er wurde in seinen Fünfzigern in die Frühpen-sionierung geschickt. Unfreiwillig. Er war ziemlich sauer. Ich dachte damals, ich will nie in der Industrie arbeiten. Ich ging an die Hochschule, weil ich die Freiheit wollte. Ich wollte meinen eigenen Weg gehen und ich wollte keinen Chef. Direkt nach der Promotion habe ich mich dann für Assistenzpro-

fessuren beworben. Es waren 1986, wie ich fand, ca. 25 vernünftige Stellen, die ausgeschrieben worden sind. Ich schrieb sie mir alle auf und habe die Liste Prof. Berson gezeigt. Prof. Berson sagte mir: «Willst du die nächsten paar Monate wirklich nur Reisen? Stell dir vor, du bekommst nur Nummer 15 auf der Liste. Würdest du die Stelle nehmen und glücklich sein oder einen Postdoc anfangen und es nächstes Jahr nochmal versuchen?» Er hat mir dann gesagt, ich soll alle Unis streichen, wo ich nicht hingehen würde, wenn sie das einzige Angebot wären. Dann waren es nur noch vier. Davon habe ich zwei Angebote bekommen und eines angenommen, und das war Harvard.

Sie hatten ja im Exsi-Interview von 2004 gesagt, dass Sie schon als sehr kleiner Junge Professor in Harvard werden wollten. Wie war das dann, als Sie die Zusage bekommen hatten?

Es war das, was ich wollte. Man hat sehr gute Studenten und sehr gute Doktoranden. Das ist wichtig. Die Qualität der Mitarbeiter ist entscheidend. Ich habe immer sehr fleissig Forschungsge-suche geschrieben und habe sehr viel Geld zusammengekratzt. Ich hatte an der Harvard Universität alle Voraussetzungen, die ich brauchte, um eine Karriere aufzubauen. Wenn es nicht geklappt hätte, dann wäre es meine eigene Schuld gewesen. Das bedeutet nicht, dass man keine guten Mitarbeiter hat, wenn man nicht an einer Spitzenuni-versität ist, aber nur viel, viel weniger. Das heisst, es ist schon möglich, anderswo gute

Mitarbeiter zu finden. Aber an Spitzenuniversitäten in den USA hat man viel mehr Möglichkeiten als bei anderen. Wenn man an eine zweitrangige Universität geht, muss es auch nicht schlecht sein. Die Finanzierung ist auch nicht schlecht. In den letzten Jahrzehnten waren die Finanzierungsmöglichkeiten überall gut. Die Herausforderung ist die Qualität der Mitarbeiter.

Als Sie dann die Möglichkeit bekamen, an die ETH zu kommen, war das eine schwierige Entscheidung?

Der damalige Institutsvorsteher, François Diederich, hat mich kontaktiert und gefragt, ob ich mich denn bewerben würde. Die Reaktion meiner Frau war: «You're not serious about leaving the United States.» **Zu dieser Zeit war ich noch niemals in Europa gewesen.** Ich dachte: «I'll talk to anybody. In the worst case, I get a bargaining chip.» Aber ich bin dann für das Interview hierhin gekommen und ich sah hier Möglichkeiten, die ich in den USA nicht gehabt hätte.

Welche wären das? Die Professuren in den USA würden wir als nackte Professuren bezeichnen. Das heisst, man bekommt nur die Stelle und nicht mal den ganzen Lohn. Für die Forschung muss man Drittmittel holen. Es gibt in den USA keine "Grunddotations". Theoretisch wird man für den Unterricht bezahlt und im Sommer gibt es keinen Unterricht. Wenn man Vollzeit unterrichtet, bekommt man den Lohn für neun Monate. Man muss sogar die fehlenden drei Monate von Grants bekommen. Wenn man al-

so kein Drittmittel hat, bekommt man 75 % Lohn. Das führt dazu, dass die Professoren in den USA sich selbst eher als Contractors und nicht als Angestellte sehen. Dazu, muss man ständig Gesuche schreiben. Man denkt also immer an neue Ideen. Was kann man tun? Was kann ich tun, und nicht jemand anderes? Es stimmt nicht, dass es kein Geld gibt. Es ist nur eine Frage: Wer bekommt es? Es ist ein ständiger Wettbewerb. Man ist ständig auf der Suche nach der Finanzierung. Das ist ein hartes Leben.

Aber in Kontinentaleuropa ist es normal, dass mit der Stelle auch Forschungsmittel kommen. Manchmal mehr, manchmal weniger, aber etwas ist da. Richtig eingesetzt kann die Grunddotations hier als **akademisches Risikokapital** dienen. Ich konnte hier leichter neue Innovationen lancieren. Es ist ein grosser Vorteil. Die zwei Systeme funktionieren unterschiedlich; ich ziehe ein System vor, worin ich schnell und unbürokratisch Neues starten kann.

Was, würden Sie sagen, ist das Verhältnis von Forschung und Lehre in den USA?

Ich hatte sehr viel Beauty-Contest-Money bekommen. So nannten wir die Nachwuchsförderung für neue Assistenzprofessoren. Ich war damals sehr beautiful. Und das Allerbeste mit diesem unbeschränkten Geld war, dass es nicht mit einem Projekt verbunden war. Ich hatte erfolgreich den Übergang zur normalen Finanzierung geschafft. Damals war ein Finanzierungszyklus von drei Jahren normal.

Alle drei Jahre muss man das Gesuch neu schreiben. Bis dahin hatte ich andere Ideen, aber man soll umsetzen, was man vor Jahren geschrieben hat. Oder vielleicht wurde das Projekt weiterentwickelt und die Prioritäten sahen anders aus. Aber man wird dadurch in diesem engen Korsett gehalten, dass man dieses Gesuch umsetzen muss. Als ich hierher gekommen bin, habe ich gemerkt, die Grund-Dotation funktioniert wie ein verewigtes Start-up-Money, das akademische Risikokapital. Sobald man also eine neue Idee hat, kann man sofort daran arbeiten. Das macht es viel, viel einfacher, etwas Innovatives zu machen. Das war einer der wichtigsten Gründe, wieso ich dann dazu bereit war, hierher zu kommen, obwohl ich dann eine neue Sprache und ein neues System lernen musste.

Was müsste man tun, damit es weniger Selbstzufriedenheit gibt, wenn es um viel Geld geht?

Das ist schwierig. Ich würde nicht sagen, dass wir die Leute ein bisschen verhungern lassen sollten. Das ist für die Kreativität auch nicht förderlich. Die allergrösste Aufgabe des Präsidenten der ETH ist es, Vorbilder und ForschungsleiterInnen zu finden, die immer hungrig sind, auch wenn der Teller voll ist. In den Berufungen sollte man also solche Persönlichkeiten aussuchen. *Ich bin gegen sogenannte Anreizfinanzierung*, Incentives, Leistungsprämien, alles, was versucht, das Verhalten irgendwie mit Geld zu steuern. Soll ich das Forschungsgebiet ändern, nur we-

gen eines externen Anreizes? Das ist eine Frage der Einstellung. Deshalb sollte man hierher Professoren berufen, die diese intrinsische Motivation und eine starke Überzeugung haben.

Auf welche Forschung, die Sie gemacht haben, sind Sie am meisten stolz?

Es ist nicht nur eine wissenschaftliche Geschichte, sondern auch eine historisch-psychologische Geschichte. Wir haben beginnend mit dem Mechanismus der Olefinmetathese die *katalytische Cyclopropanation untersucht*. Wir schafften eine neue Reaktion. Die Chemie kreiert ihr eigenes Objekt. Insbesondere in der organischen Chemie beweisen wir, dass wir den Stoff beherrschen, indem wir etwas synthetisieren. Wir machen Stoff. Das ist es, wenn wir eine Reaktion machen. Die Glaubwürdigkeit kommt, wenn man etwas macht. Ich bin kein Synthetiker, ich untersuche die Reaktionsmechanismen, aber wenn ich behauptete, dass ich einen Mechanismus verstehe, dann sollte ich damit etwas machen können.

Studierende erwähnen oft, dass Organische Chemie vernünftige Hypothesen formuliert, nachdem man im Labor Untersuchungen durchgeführt hat.

Die Frage kommt immer vor. Wir haben diese grosse Menge an Reaktionen, die man lernen muss. Daraus muss man irgendwie eine Geschichte machen. Die Chemie ist eigentlich für Machine Learning besonders schwierig. Man weiss nicht im Voraus, wel-

cher Aspekt einer Reaktion oder einer Substanz wichtig sein wird. Es ist schwierig, die richtigen Descriptors zu finden. Wir Menschen sehen in dieser Masse von Daten ein gewisses Muster; vielleicht ein Muster, das die anderen nicht sehen. Wenn man das richtig macht, bekommt man eine Art Intuition, die belastbar ist. Und bis jetzt habe ich kein gutes Beispiel gesehen, wo die Maschine diesen Prozess nachahmen kann.

Wie würden Sie als organischer Chemiker dem Klimawandel begegnen? Ich musste diese Frage schon mehrmals in der Vergangenheit beantworten. Meine persönliche Meinung: Natürlich gibt es eine technologische Dimension, aber die Lösung für die Problematik des Klimawandels ist nicht hauptsächlich technologisch. Man muss natürlich die Batterietechnik, Photovoltaik, alle verschiedenen Speichermöglichkeiten verbessern. Das ist selbstverständlich. Aber **schlussendlich ist das Problem hauptsächlich soziopolitisch**. Das heisst, die Kosten für die meisten Massnahmen sind privat, aber der Gewinn gehört der Öffentlichkeit. Wie soll man die Privaten davon überzeugen, dass sie ihre Mittel für die Öffentlichkeit ausgeben? Wie erstellt man ein System, wo das Sinn macht? Ich könnte mir vorstellen, z. B. wenn man eine Gebäudesanierung macht, dann sollte das dann den Energiebedarf senken. Der Besitzer müsste das Geld jetzt bezahlen und würde den Vorteil über 20 oder 30 Jahre haben. Technisch kann man sagen, dass das finanzielle Risiko

für solche Sanierungen vollumfänglich beim Besitzer bleibt. Das Risiko soll aber berechenbar sein und damit theoretisch auch versicherbar. Eine Versicherung wäre etwas Einfaches, aber sie würde dann für den Privatbesitzer die Sicherheit geben, dass er dann Geld für die Öffentlichkeit ausgeben kann.

Auf jeden Fall. Sie haben bis zum letzten Semester viele Jahre ACOC I und ACOC II unterrichtet. Was denken Sie über diese Unterrichtszeit? Ich habe den Unterricht immer genossen. Das ist sichtbar. Besonders die Studierenden, die direkt vom Gymnasium kommen. Man spricht im Französischen von *formation*. Man baut auch eine Persönlichkeit auf. Das ist eine einzigartige Chance. Für jede Gesellschaft gibt es Normen und Einstellungen. Die Studierenden werden dann in unserer Kultur sozialisiert und dieser Prozess ist sehr spannend. Das ist nicht nur der Stoff, den man übermittelt. Das ist auch eine ganze Sozialisierung. Deshalb gibt es Geschichten von Helden (und Schurken). Ich will unsere Werte auch vermitteln.

Sie haben gesagt, vorne zu stehen und diese Vorlesung zu halten ist nicht nur einfach ablesen, sondern auch eine gewisse Art Performance. Was ist dabei Ihr Gedanke? Zuerst muss es sichtbar sein, dass ich wirklich da sein will und dass ich den Stoff wirklich fesselnd finde. Man kann ja sagen, den Stoff könne man doch einfach in Wikipedia finden. Warum braucht man

überhaupt eine Vorlesung? Man versucht aber, sogar in einer Grossvorlesung, irgendwie eine Art Beziehung zu den Studierenden aufzubauen. Auch in den grossen Hörsälen sehe ich, ob jemand die Idee begriffen hat. **Man sieht es im Gesicht.** Das ist ein sehr spezielles Gefühl. Man passt dann das Tempo und eigentlich sogar den Inhalt an, um so eine Vorlesung zu machen.

Wie hat sich die Vorlesung mit der Zeit verändert?

Der Stil ist immer gleich geblieben. Ich war auch Consultant und später Verwaltungsrat bei Chemiefirmen und ich sah dann, was in einer Firma stattfindet. Das ist auch ein Beitrag zu diesem Stil. Warum betonen wir, zum Beispiel, im zweiten Semester die elektrophile aromatische Substitution und nicht eine andere Reaktion? Es ist verbunden mit der Geschichte der organischen Chemie, insbesondere hier in Europa. Das ist diese Farbstoffindustrie, die sich später zur Pharmaindustrie entwickelt hat. Deshalb wissen wir so viel über diese Reaktion. Übrigens war ich zehn Jahre lang in der Forschungskommission der ETH. In dieser Zeit habe ich fast alle Forschungsge-
suche gelesen. Man lernt unglaublich viel davon und **man beginnt zu sehen, wo unser Platz in dem ganzen Grossen ist.** Das bereichert dann den Unterricht. Deshalb sage ich, mit der Zeit bin ich als Wissenschaftler besser geworden. Mit 30 Jahren hatte ich so viel gelernt. Was ich jetzt weiss, ist so viel mehr, als ich mit 30 wusste. Und das macht den Unterricht viel besser. Der Stil ist ähn-

lich, aber ich habe so viel mehr gesehen.

Sie sind ja auch dafür bekannt, dass Sie in der Vorlesung Geschichten erzählen.

Ja.

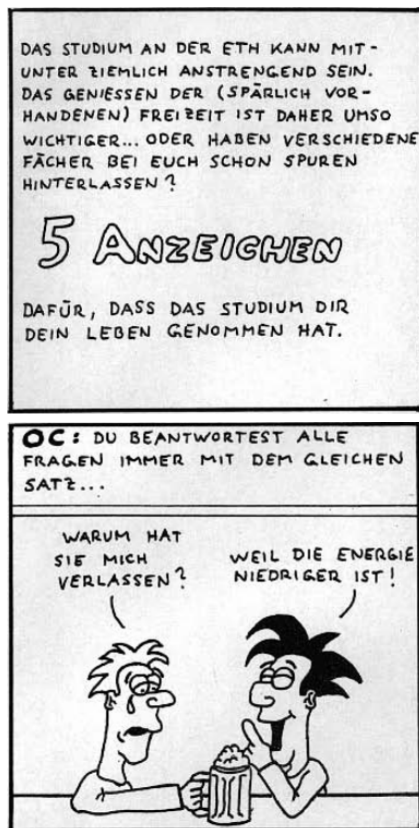


Abbildung 15.1: Ausschnitt eines Comics aus dem Exsikkator vom Dezember 2004.

Und vor allem sind Sie auch für Ihre Zitate bekannt. Das hier ist aus einem Exsikkator vom Dezember 2004.

Lacht. Das ist gut. Übrigens, im November wurde ich nach Winterthur von einem ehemaligen Doktoranden zu einem Kurs für Chemielehrer in

der Schweiz eingeladen. Es waren 200–250 Chemielehrer da, und ich sollte einen kurzen Vortrag halten. Da habe ich entdeckt, dass gut drei Viertel dieser Lehrer ETH-Absolventen waren und bei mir ACOC I hörten. **Das war unheimlich.** Sie wussten noch, dass ich immer sagte: «Weil die Energie niedriger ist.»

Was ist Ihre Lieblingsgeschichte, die Sie in ACOC I und ACOC II erzählen? Oh, das ist eigentlich die Geschichte von William Perkin, die ich gleich am Anfang erzähle. Er hat auf der Suche nach einer Chininsynthese zufällig die Farbstoffindustrie gegründet. Danach ist er reich geworden, ist aber trotzdem an eine Hochschule zurückgekommen und propagierte das Dogma, dass eine eindeutige Synthese der Beweis der Struktur ist.

Was wollen Sie jetzt tun, wenn Sie in Rente gehen? Kehren Sie zurück in die USA? Bleiben Sie in Europa? Werden Sie die Forschung vermissen? Vorerst bleibe ich hier. Während den letzten 30 Jahren sind meine Kinder hier geboren. Die eine arbeitet hier, die andere ist in den USA, aber kommt bald zurück. Und ich fühle mich hier wohl. Man sagt, nach 20 Jahren im Ausland ist man im eigenen Land fremd. Wenn ich jetzt in die USA schaue, erkenne ich das Land nicht mehr. Ich bleibe hier. Das ist gut so.

Die Frage, ob ich die Forschung vermissen werde, kommt oft vor. Die Antwort ist ja. Sie ist ein grosser Teil meines Lebens. Aber

es ist zunehmend schwierig und manche Aspekte des Altwerdens kann man nicht aufhalten. Ich werde irgendwie aktiv bleiben. Ich habe vor, den **historischen Hintergrund der Olefinmetathese** einzuleuchten. Die Reaktion war eigentlich in der Industrie entdeckt, aber das Team hat wenig publiziert, was damals normal war.

Das ist interessant. Einer der ursprünglichen Entdecker ist mein Vater. Nachdem er 2015 starb, habe ich in seinen Unterlagen gesehen, dass die Firma viel länger und viel intensiver in dem Gebiet gearbeitet hatte. Ich würde gerne Zugang zum Firmenarchiv schaffen und eine Geschichte der wissenschaftlichen Entdeckung in einer produzierenden Firma schreiben.



Abbildung 15.2: Prof. Chens Bücherregal.

Wer ist Ihr Lieblingswissenschaftler?

Vielleicht die schwierigste Frage. In der letzten Zeit hatte ich mehr und mehr Respekt für **Kekulé und van't Hoff** gefunden, weil sie ihre ursprüngliche Publikation veröffentlicht haben, ohne eine physikalische Grundlage zu haben. Das war wirklich ein sehr grosser Sprung.

Was ist Ihr Lieblings-Chemiebuch auf Bachelorlevel, das Sie vielleicht auch damals verwendet haben?

Ich fand die meisten Lehrbücher schlecht, aber aus einem gewissen Grund. In den USA macht man das Medizinstudium erst nach dem Bachelor. Man muss zuerst ein Chemiestudium oder ein Biologiestudium abschlies-

sen, und meistens ist es Chemie. Diese Pre-Meds sind also in einer grossen Überzahl. Sie müssen das wissen, was in den Medical College Admission Tests (MCAT) vorgeschrieben wird. Die Lehrbücher orientieren sich an diesem Markt. Das ist nicht Chemie für Chemiker, das ist Chemie für Mediziner. An der ETH durfte ich Chemie für die Chemiker unterrichten. Für mich eine grosse Freude.

Dann wär's das gewesen. Wir bedanken uns für Ihre Zeit. Es hat uns sehr viel Spass gemacht.



Demystifying Heisenberg’s Uncertainty Principle

What Heisenberg’s Uncertainty Principle Says – And, More Importantly, What It Doesn’t

Samuel Wechsler Some theories in mathematics and science describe concepts that, at first sight, seem so mysterious and abstract that you can’t help but be in awe when thinking about them. But to really understand these things, you have to look beyond that mystical facade and carefully break them down into bite-sized pieces, each of which should be intuitively digestible. The process I have just described in a very general way, I want to apply to a specific example: Heisenberg’s uncertainty relation. As you can imagine, it takes some serious acts of desperation to invent the formalism of quantum mechanics and even more work to come up with a correct interpretation for the wave function. Therefore, in order to circumvent a full introduction to quantum mechanics, I will present a more historical account of the subject, which, I believe, will be sufficient for the desired “demystification”.

In my mind, the simplest path to gain an intuition of the uncertainty principle requires an understanding of the things: first, one must come to terms with de Broglie’s description of so-called “matter waves”, which posits that any physical entity with some amount of momentum has a characteristic wavelength associated with it. This would perhaps take a leap of faith, but luckily, very convincing experiments were performed in the early 20th century, so we can be quite confident that this is the way nature works, even if it doesn’t relate directly to [our macroscopic perception of the world](#). Then, once we have accepted (without making the connection fully explicit) that particles (i.e., matter) behave like waves in some respect, we will have to study some general

properties of waves that were discovered decades earlier by Joseph Fourier – long before the physics community had realized the need for a new quantum mechanical theory.

Coming to Terms with Wave-like Properties of Matter

Even before the invention of quantum mechanics, physicists argued about whether certain objects were best described as waves or particles. An early example was a set of clashing theories produced by Isaac Newton and Christiaan Huygens regarding the nature of light. Back in the 17th century, Newton suggested that a beam of light is made up of tiny particles called “corpuscles”, which he essentially considered to be

¹The adjective “classical” is an anachronism in this context, since what we now call classical physics was the most modern physical theory at the time.

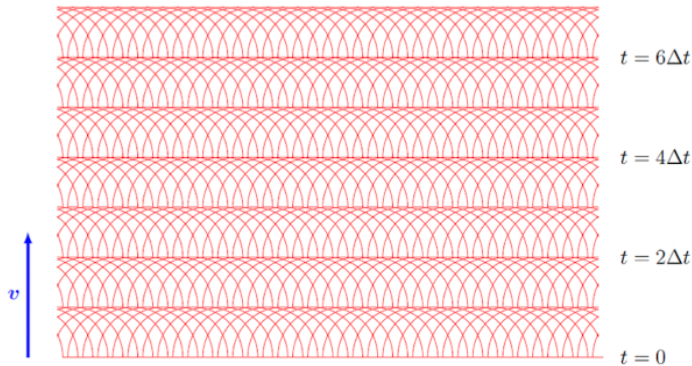


Figure 16.1: An illustration of Huygens' principle for the case of planar wavefronts.^[1] The wavefront at $t = 0$ can be propagated forward in time and space by constructing a set of hemispheres centered on the points of the current wavefront. The envelope of these hemispheres then gives rise to the new wavefront at some time Δt later.

classical objects with some finite speed and mass.¹ Using this theory, Newton was able to rationalize [Snell's law of refraction](#) and also how light reflects off certain objects. Around the same time, Huygens was working on an arguably even more successful theory, which postulated that the [transmission of light in space](#) could be described as the propagation of a wave. To retell his argument precisely, he thought that every point on the crest of a wave could be considered as a source of a new secondary hemispherical wave that propagated only in the "forward" direction. If the wavefront is even, this idea is particularly easy to visualize. The propagation of the wave forwards in space becomes little more than a geometric exercise: you simply have to draw some semicircles whose midpoints

are located on the current wavefront, and the envelope around these circles will be your wave propagated forwards in time (and space). The next time you are sitting in some steady body of water (e.g., a bathtub) you can even verify that this works experimentally: simply dab all your fingers periodically into the water and observe what kind of wavefront you produce.²

But events really started to transpire hundreds of years later when de Broglie made the bold conjecture in 1924 that not just light, but in fact [all physical entities with some definite momentum also behaved like waves](#). Of course, such a claim is not simply drawn out of thin air: de Broglie derived this idea from Einstein's special theory of relativity and his description of the photoelectric effect. Recall that for light

²Be careful, though! If you want to create a perfectly planar wave, you would need infinitely many fingers and an infinitely long bath tub.

with a frequency ν we can assign a definite energy $E = h\nu$ according to Einstein's explanation of the photoelectric effect. Using Einstein's equation for the relativistic energy

$$E = \sqrt{(pc)^2 + (m_0c)^2} \quad (16.1)$$

where $m_0 = 0$ is the photon's rest mass, we find that $E = pc = h\nu = hc/\lambda$, which can be rewritten as $\lambda = h/p$. De Broglie must have deeply pondered these equations and thought: "Why would nature be so inconsistent and only quantize the energy of light particles (photons) and not massive particles (like electrons)?" Whatever his exact thought process may have been, he went on to make the quite bold extrapolation that not just photons but also massive particles with momentum p have some characteristic wavelength λ_{dB} .

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{p} \quad (16.2)$$

Such a statement is very hard to digest, simply because on a macroscopic scale, we never actually directly see with our eyes the associated wavelength of bits of macroscopic matter.³ What does it even mean for matter to have a wavelength? This question is only consistently answered by Schrödinger's wave mechanics (or any equivalent formulation of quantum mechanics). Taking the [minimalist's path to build up Heisenberg's uncertainty principle](#) (yes, that is still our ultimate goal) we will

rather consider the experimental to make sure de Broglie's idea really works – namely an experiment conducted four years later in 1927 by two physicists called Davisson and Germer.

So what is it that Davisson and Germer measured, and how did they perform that measurement? The experimental setup is quite simple: first, they installed a source emitting a beam of low-energy electrons (at 54 eV kinetic energy) and directed that beam toward a crystal of Nickel (Ni) atoms. Then, they installed a detector, which measured the intensity of electrons at an angle of ϕ with respect to the direction of the incident beam. So, schematically, it looks something like the following:

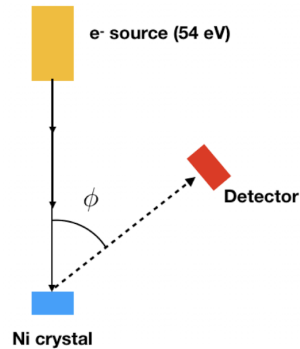


Figure 16.2: Schematic illustration of the experiment conducted by Davisson and Germer in 1927.^[1]

Before glancing at the actual results they obtained, it's worth taking a moment to reflect on what outcome is expected. If electrons indeed only behaved like minia-

³To appreciate why that is, calculate the de Broglie wavelength of a cow, which of course can be approximated as a sphere with mass $m_{cow} = 500$ kg moving at a speed of $v = 5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

ture golf balls (particle picture), then you would expect that most electrons would bounce straight back once they hit one of the infinitely more massive nickel atoms. Of course, the beam of electrons is never perfectly collimated, so it would be reasonable to assume a sharp spread of measured intensity around a diffraction angle of $\phi = 0^\circ$, simply because not all electrons will be incident at a perfect 0° angle. Hence, according to our golf-ball model of electrons, we would expect to observe something like this:

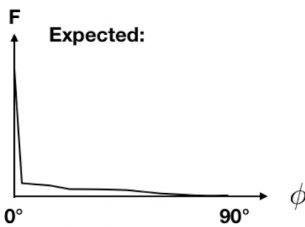


Figure 16.3: How electrons should bounce off a crystal if they behaved like golf balls (classical expectation).^[1]

Intriguingly, this is not what Davisson and Germer measured. The results looked more something like the following:

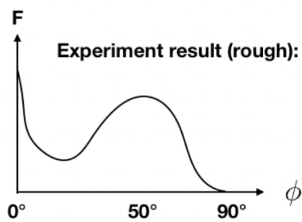


Figure 16.4: How electrons bounce off a Nickel crystal in reality.

If electrons behaved remotely like tiny balls,

why on earth would they preferably scatter back at an angle of $\phi = 50^\circ$? This is what the data suggests! If you, on the other hand, consider the possibility that electrons may behave like waves, the outcome becomes perfectly explainable. In the wave picture, the electrons could be approximated by plane waves with approximately parallel crests and troughs. In that case, each electron would not hit the crystal at some localized spot and bounce off a single atom, but it would rather interact with the crystal over a broad range. In fact, we would expect that **the wave would hit several nickel atoms at once and in each case be re-emitted a hemispherical wave-front in the opposing direction** (Huygens's principle). Putting Huygens' principle to work, you can trace out the directions in which the amplitude of the wave will be maximal by simply drawing a line through the points where the two wave fronts originating from different atoms meet. You will find that at certain angles of reflection, the crests of multiple spherical waves intersect, which makes for a large total amplitude (see Figure 16.5). A more careful mathematical analysis of what I've qualitatively described will yield the precise angle ϕ at which the n -th maximum occurs. Moreover, the precise analysis reveals that this supposed "matter wave" associated with the electron has a wavelength, which precisely matches what de Broglie had predicted four years earlier! Davisson and Germer and, shortly after, de Broglie must have

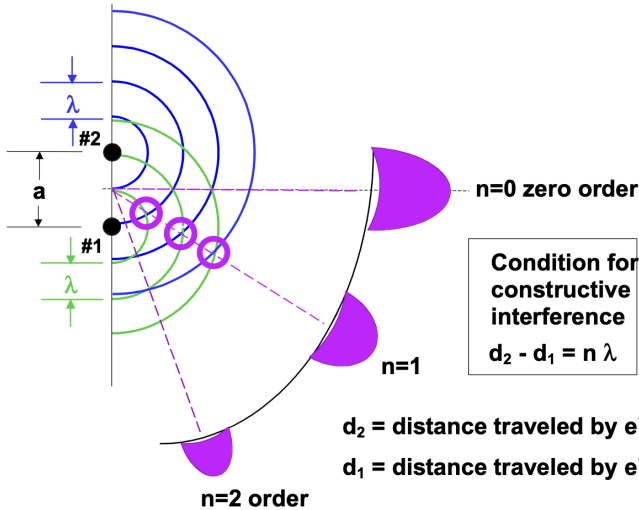


Figure 16.5: Explanation of Davisson and Germer's observation.^[2] According to Huygens' principle, each atom acts as a source of secondary hemispherical waves that interfere, producing distinct orders of diffraction ($n = 0, 1, 2$). One can show that constructive interference occurs when the path difference $d_2 - d_1$ between two secondary waves is an integer multiple of the electron wavelength, forming bright spots at specific angles. These observations are among the first concrete experimental evidence that massive particles have wave properties whose wavelengths are consistent with de Broglie's predictions.

certainly declared victory after having seen these results!

Sharper Position, Blurrier Wavelength (Or Momentum?)

With our (hopefully and perhaps newly) found conviction that particles exhibit certain wave-like behaviors, we can turn our attention to some important properties of these phenomena. Because these properties we're about to investigate are really generic to any type of wave regardless of its quantum mechanical nature, we can use

any oscillator (e.g., a simple rope rather than some abstract wave function) as the propagation medium. The qualitative behavior of what I am about to explain can be understood by considering two limiting cases, illustrated in Figure 16.6.⁴

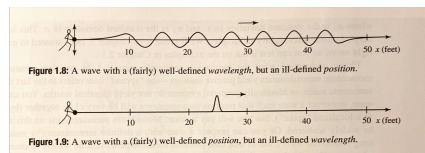


Figure 16.6: Figure taken from Griffiths [3].

First consider the upper part where you

⁴For a more detailed discussion, I recommend Raphael's article discussing "Dubious Dirac Deltas", which puts these limiting cases in a more mathematical context.

have to imagine the person continually driving one end of the rope up and down (sort of like a battle rope workout). After some time, we will observe a nice and steady wave moving to the right with some definite wavelength λ . If someone asks you where this wave is located, you would rightly be confused because **the wave does not really have a well-defined position**. If pressed, you might indicate that the wave spans a certain distance and indicate an uncertainty in the wave's location of $\Delta x = 50$ feet. This is different in the second example, where the person has just once whipped the up and down, creating a fairly narrow "wave packet" traveling to the right. At any instant in time, you may be able to give a reasonable estimate for the position of the peak of the wave, but on the other hand, it would seem strange to indicate a particular wavelength for this wave, since there no longer are any nice periodic oscillations in space. You can try to come up with ways to produce intermediate cases where the wave traveling through the rope has a reasonably defined wavelength and some more or less specified location, but **inevitably you will be confronted with a trade-off between certainty in position and wavelength**. Or, in mathematical terms:

$$\Delta x \Delta \lambda \geq \text{constant} \quad (16.3)$$

where Δx and $\Delta \lambda$ represent the uncertainty in position and wave respectively. In case you are not convinced by the qualitative "derivation" of the above inequality,

there exists a branch of mathematics called Fourier analysis which can be used to derive this relation very precisely.

The upshot of this in quantum mechanics is the following: we can apply these very general ideas about waves to de Broglie's concept of a matter wave. Using Equation 16.2, we can assign to each wave with some clearly defined wavelength a definite amount of momentum. Similarly, if we're not sure about the precise wavelength of a wave, we will not know for sure how much momentum is associated with the particle described by that matter wave. In other words, an uncertainty in wavelength necessarily translates into an uncertainty in momentum, which allows us to formulate Heisenberg's uncertainty principles (modulo some constants) by simply replacing $\Delta \lambda$ with Δp .

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2} \quad (16.4)$$

Hooray, we have achieved our goal! We cannot know for sure where a particle is located and what its momentum is. However, we have also maneuvered ourselves into a rather unfortunate situation. Davisson and Germer presented highly convincing evidence of the fact that electrons behave like waves in some respects, yet we can be fairly certain that electrons are also localized objects. For example, if you simplified the Davisson-Germer experiment shown in Figure 16.2 by putting some detector screen in front of the electron beam, you'd clearly observe electrons hitting at

some localized spot and not over a broad range like any old macroscopic wave (e.g., the canonical wind-generated water waves seen at a beach) would do. This kind of “dilemma” – which in actuality it really isn’t – has led some physicists to proclaim the again rather **mystical-seeming concept of a “wave-particle duality”**. The resolution of this seemingly troubling philosophical impasse, as Heisenberg himself put it, is that “the two mental pictures, which experiments lead us to form – the one of particles, the other of waves – are both incomplete and have only the validity of analogies which are accurate only in limiting cases.”^[4] He goes on to explain that “light and matter are both single entities, and the apparent duality arises in the limitations of our language.”^[4] And why should our language be suited to describe how the world works on the scale of nanometers? The human language has evolved to accurately describe the macroscopic world, which includes things like rocks and ponds, but not electrons and atoms.⁵ To truly understand

this, we must embrace the complete formalism of quantum mechanics – a goal I aim to address in a future article.

Bibliography

- [1] S. Johnson, *Physics III Lecture Notes*, **2024**.
- [2] S. Ceyer, “5.01: General Chemistry Lecture Notes”, can be found under <https://www.edx.org/learn/chemistry/massachusetts-institute-of-technology-general-chemistry-i-atoms-molecules-and-bonding>, **2020**.
- [3] D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, **2017**.
- [4] W. Heisenberg, *The physical principles of the quantum theory*, Courier Corporation, **1949**.
- [5] A. Adams, “Quantum Physics I - Lecture 2: Experimental Facts of Life”, can be found under <https://youtu.be/U6fl3brP8V4?si=qJ7VHLKCil72lei8&t=3182>, **2013**.



⁵This last part is paraphrased from Prof. Allan Adam’s lecture, which you should definitely watch in its entirety!^[5]

Waves, Particles, and Icebreakers

Raphael Zumbunn Sitting here near the ocean, at the border where land meets the sea. I look down at the crashing and churning waves. The air is clean and slightly salty.—What a beautiful day! I take joy in observing nature unfold. I bask in its beautiful complexity, which I find so puzzling and charming at the same time. What I love most is looking out at the different patterns created by the twisting waves. Depending on whether I focus on a single spot or “zoom-out” I get a completely new perspective.

In this essay, I want to talk to you about differing perspectives on waves, how we can understand them and how they can explain why making introductions is so hard sometimes.

Do You Sea What I Sea?

Looking out at the ocean, I see that there is some pattern to the ripples in the water. It seems, from my vantage, that the waves are rolling in from the horizon, almost perfect sinusoids in one direction and almost perfect wavefronts in the other.



Seeing this beautiful mathematical miracle unfold, I turn to my friend sitting next to me eating an apple, and start explaining my epiphany. Instead of sharing my enthusiasm, they decide to play dumb: “Where exactly are those perfect sinusoids you are talking about? Are they with us in the room right now?” I sigh. “Look at the water!”, I exclaim, pointing my finger in the general direction of the ocean. “Sure, but where ex-

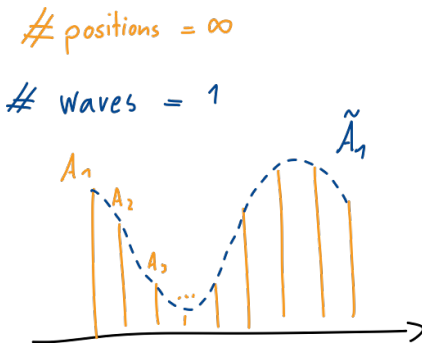
actly? The patch of water you are pointing to just looks like it’s moving up and down.” Of course, they know what I mean, but they do bring up a valid point. I can’t really point out where the waves are. I mean, of course I can point out a specific wavefront, or point in the general direction, but fundamentally I can’t give an exact position of the sinusoid itself. And this makes sense when you think about it, why would you be able to pinpoint the exact position of an object that extends along the entire coast and out into the ocean? It’s not like the wave even has a [well-defined position](#).

Describing Waves Is Easy, Actually

Let’s take a step back from reality and put on our science goggles (quote due to Prof. Wallny). If I wanted to quantify a wave to its best extent, how would I go about that? You might already have noticed in my previous paragraph that there is a way to describe which wave we are talking about, namely by describing its wavelength and direction. Fundamentally, it is the wavelength that differentiates the ripples from the waves, and the waves from the tides. So, while a

wave might not have a perfect positional description, it does have a perfect wavelength description.¹

When I say a perfect description, I need to clarify what exactly I mean. It is not that I cannot describe a wave in other ways. I could, for example, specify the amplitude of the water at every point of the ocean, and end up with the same informational content as the wavelength description. You will, however, notice that the number of parameters in those two scenarios are different. For the wavelength description, it is sufficient to give a handful of representative wavelengths, whereas the amplitude description requires an almost infinite number of parameters.



When I say that a description is perfect, I mean that it is in some sense simple, meaning it is characterized by only a few parameters. Mathematicians call these differing descriptions or perspectives of the same fundamental object bases. A basis is a collection of fundamental objects that you can mix and match to create a full object. In our

case, the description in terms of amplitude per position is the position basis. I am basically **mixing and matching how much every point contributes to the whole wave** – by setting its amplitude.

The wave description takes the wave itself as its fundamental object. By using these extended objects, we can describe the entirety of the ocean using only a few of these wave objects. It would be reasonable to call this the wave basis, but alas, physicists are not reasonable, which is why we call it the momentum basis.

The Momentum Basis

It is not fully illogical to call this new basis the momentum basis. The reason physicists can get away with naming it the momentum basis is because there is a **fundamental relation between wavelength and momentum**. This was first discovered for light waves by Nichols and Hull, and by Lebedev, who managed to show that light exerts pressure on objects it gets reflected from. This implies that light waves have some sort of momentum. Moreover, the relation of energy in light and the amount of momentum exerted by it implies that shorter wavelengths carry more momentum.

Using this link, we can go from describing waves using wavelengths to describing them using momenta. Thus, it is not fully unreasonable to call it the momentum basis.

¹Technically, the perfect description is a wave vector, but that's beside the point.

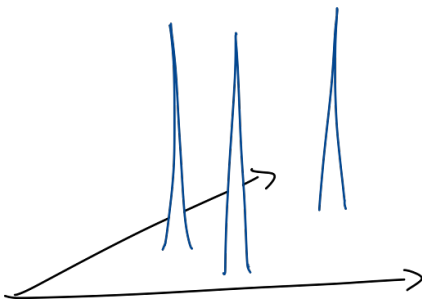
In the previous paragraphs, we found that a wave has no position, but is there also a thing that has no momentum?

Dubious Dirac Deltas

Well, let's consider a completely flat ocean. No breeze is perturbing the surface, no ripples disturb the watery mirror. Now this ocean is the most boring ocean you can imagine because all its amplitudes are zero. It is simple in both the position and the momentum basis. Now we could add a sine wave on top to get the previously mentioned momentum state, but let's try something different for once. What if we just force the position basis to be perfect, what would that look like?

Well, previously, we found that in order for the momentum basis to be perfect, we had to have just a handful of wavelengths that have non-zero amplitude. If we try this for the position, this would mean that only a couple of positions have non-zero amplitude.

Pictorially, this would be just a few spikes of water that would be infinitely thin, poking out of the ocean.

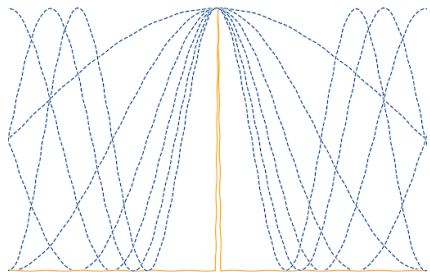


To simplify the logic, let's focus on a single water spike. This spike has, by construction, only one well-defined position. Now what is the momentum of this spike?

We gathered before that we can figure out the momentum or momenta of an ocean by looking at its momentum parts, meaning we need to construct our current state (the spike) from momentum states (sinusoids).

The way to do this rigorously is by using the Fourier transform, which allows us to go [from descriptions in waves to descriptions in position](#). For this simple case, we can also try to intuit how to build the spike. To do this, we first note that the spike has two important properties:

1. It is very sharp → We need very high frequencies (because low frequencies are too soft)
2. It is very localized → We need very low frequencies (to make sure that there is only one peak and not many)



Using this picture, we can see that we need both very high and very low momentum states to build the position state. This means that the momentum is not very well-defined.

This is the inverse of a momentum state with no position. A position state with no defined momentum!

Fundamentally Uncertain

Where does this leave us? We have waves that have no position, and we have spikes that have no momentum. If you are even slightly familiar with quantum mechanics, your alarm bells have been ringing for the last two paragraphs.

And you, my observant reader, are of course 100 % correct! The thing that we just discovered about waves is the so-called uncertainty principle! Specifically, position-momentum uncertainty.

Moreover, there is a pretty nice interpretation to what we just “discovered”. I have been calling the sinusoids “waves” for this entire essay, and this is also the name physicists use, but for the second part of the recipe I mislabeled our ingredients. If you think about it for a bit, [a better way to describe the position state](#), the spike, would be a particle!

So not only have we found the position-momentum uncertainty, we found the wave particle duality underpinning some of the most confusing parts of modern physics.

Lies and Deception!

“Hey! Why isn’t the essay over yet?”, you ask with exasperation. Well, there is an easy answer to this question ... I lied. I pretended that there is a direct analogy between wa-

ter waves and quantum mechanical waves. This claim was not only unsubstantiated, but also wrong! The crucial detail that I withheld from you when exclaiming the uncertainty principle was the following: [You can actually know both the position and momentum of a water wave](#). Or more precisely, you can switch between the two interpretations on command.

What I mean by this is that we can actually know the position and momentum of the wave perfectly. Or maybe better the positions and momenta. Because in this picture, a sinusoid has a single momentum, but many positions. A spike has many momenta but only a single position. There might be an in-between-object that has some momenta and some positions, but fundamentally we *can* know it all.

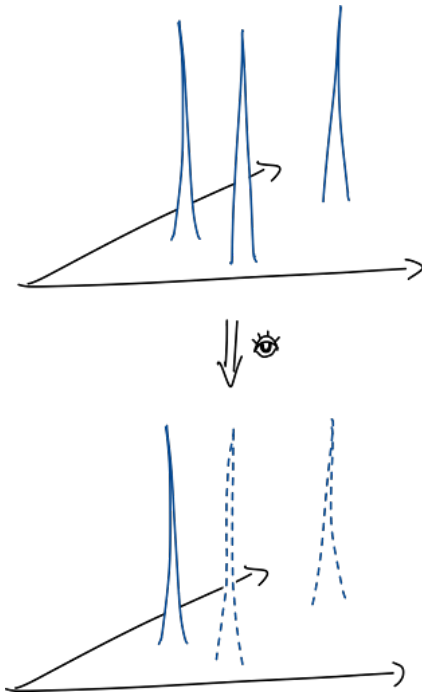
So where does uncertainty *really* come from?

The answer is **quantization**.

Or in easier words, uncertainty comes from the fact that if I talk about a particle, it has to have just one position. For a wave, it is easy to say that it can have multiple non-zero amplitudes, but for a particle ... As long as I believe in the conservation of particles, I need to also say that a particle may only have one position. The particle number therefore is quantized. I need to have full particles.

So, even if my position basis state is a combination of multiple spikes, the final measurement result of a position will only be

one spike.



This so-called **wave-function collapse** is one of the most puzzling properties of quantum mechanics and is to this day not completely understood.

Incompatibility

So we found that the fact that momentum and position basis were different perspectives are not the fundamental cause for uncertainty. The real reason for uncertainty is the quantization of the number of particles. Or phrased differently, the reason we care about incompatible perspectives (in quantum mechanics we would say “non-commuting operators”) is not because it is

hard to switch between them, but rather because after switching between them, we also need to choose a single state in the new basis as well.

There are two points to note here:

1. Just because there exist multiple perspectives to a problem, does not mean there will be an uncertainty relation. (I’ll explain later why that is)
2. The different perspectives might not be the fundamental reason for uncertainty, but they are a necessary part of it.

One example of compatible perspectives is the position in the x direction and the position in the y direction. While those are still changes in perspective, they are a specifically simple type of change. The main feature that makes them simple is that the number of basis states stays the same. In the wave/position example, building a wave always involves many positions and vice versa. In the pos- x and pos- y case this is no longer so. No matter where I look, **simple descriptions stay simple**.

The degree to which simple descriptions are not simple in another basis can be measured using the commutator. It is essentially a means to see how compatible two descriptions of a scenario are with each other. For the x and y position, we can find that the commutator $[x, y] = 0$. Which means they are not incompatible $\rightarrow$ compatible. For the position and momentum, however, we find $[x, p] = i/\hbar$. Which means

they are incompatible.

To wrap up, incompatibility of bases becomes an issue in quantum mechanics because measurements in quantum mechanics are always forced to be simple (one result only). We can derive how incompatible two sets of bases are using the commutator.

If the Only Tool You Have Is a Hammer ...

I hope, after having gone through this pretty dense physics text, you will allow me [a little bit of silliness](#). A bit of experimental exploration. As an (almost) fully-trained physical chemist, I should be pretty familiar with quantum physics at this point. And as the old adage goes: “If the only tool you have is a hammer, everything is a nail.” Or in this case, if the only thing you know is quantum mechanics, everything is uncertain.

I will extend the formalism of quantum mechanics slightly² and try to apply its general vibe to a non-quantum situation and see what happens. There we go:

Sub Essay: Why Making Quick Introductions is Hard

I often struggle with quick introductions, be it to friends of friends or to a group of people during those annoying ice-breaker activities.

How am I supposed to break down my 23 years of lived experience into the short and snappy “Hi, my name is Raphael, I like _ and do _” format? It feels to me as if there is some fundamental limit to how I can express myself in this short time, almost as if there were some sort of fundamental uncertainty on any introduction I give.

I can describe myself using a few different perspectives, which depending on the environment might be better suited. To make it easy, I’ll consider the two perspectives “serious” and “casual”. From the serious perspective, I would highlight my career, what I study, and so on ... From my casual perspective I would talk about my hobbies (writing niche articles about quantum mechanics amongst other things) and what I like to do in my free time, you get the picture.

Now, I claim that these perspectives are actually incompatible. The argument goes as follows: If I introduce myself to a potential employer, but I use too much of my time to talk about my hobbies, I will come off as not serious enough. On the other hand, if I introduce myself to friends of friends and I only talk about my career, they’ll think I’m arrogant and boring.

So the two perspectives are actually fundamentally incompatible (given only a short introduction).

² Meaning: Take it wildly out of context and deform it into a shape that has nothing to do with physics.

You see the small comment I added at the end. It is actually important that my introduction is time-limited. This mirrors the importance of particle-number quantization in the above scenario.

We get the same picture again: different perspectives + restriction to simplicity → uncertainty relation.

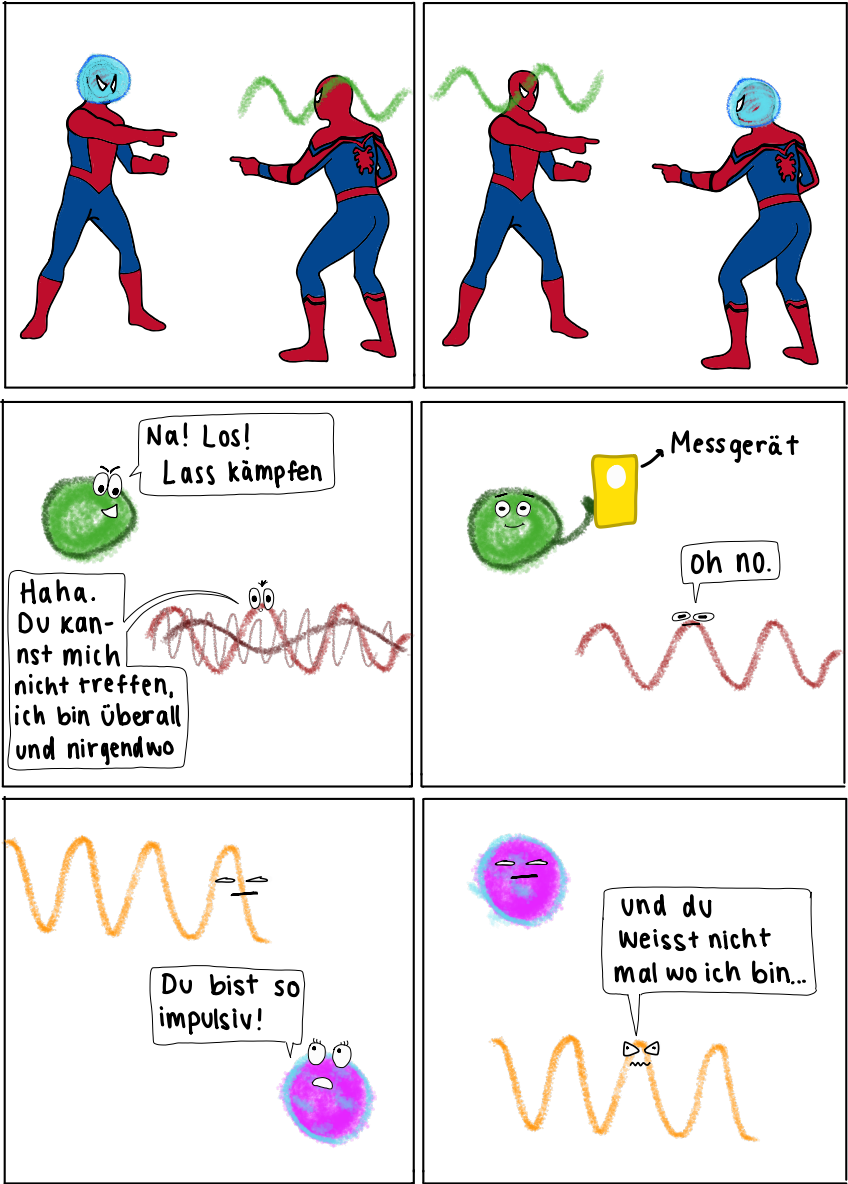
Cool! We now figured out that real life not made up completely realistic non generated scenarios™ can also exhibit uncertainty relations. What can we learn from this?

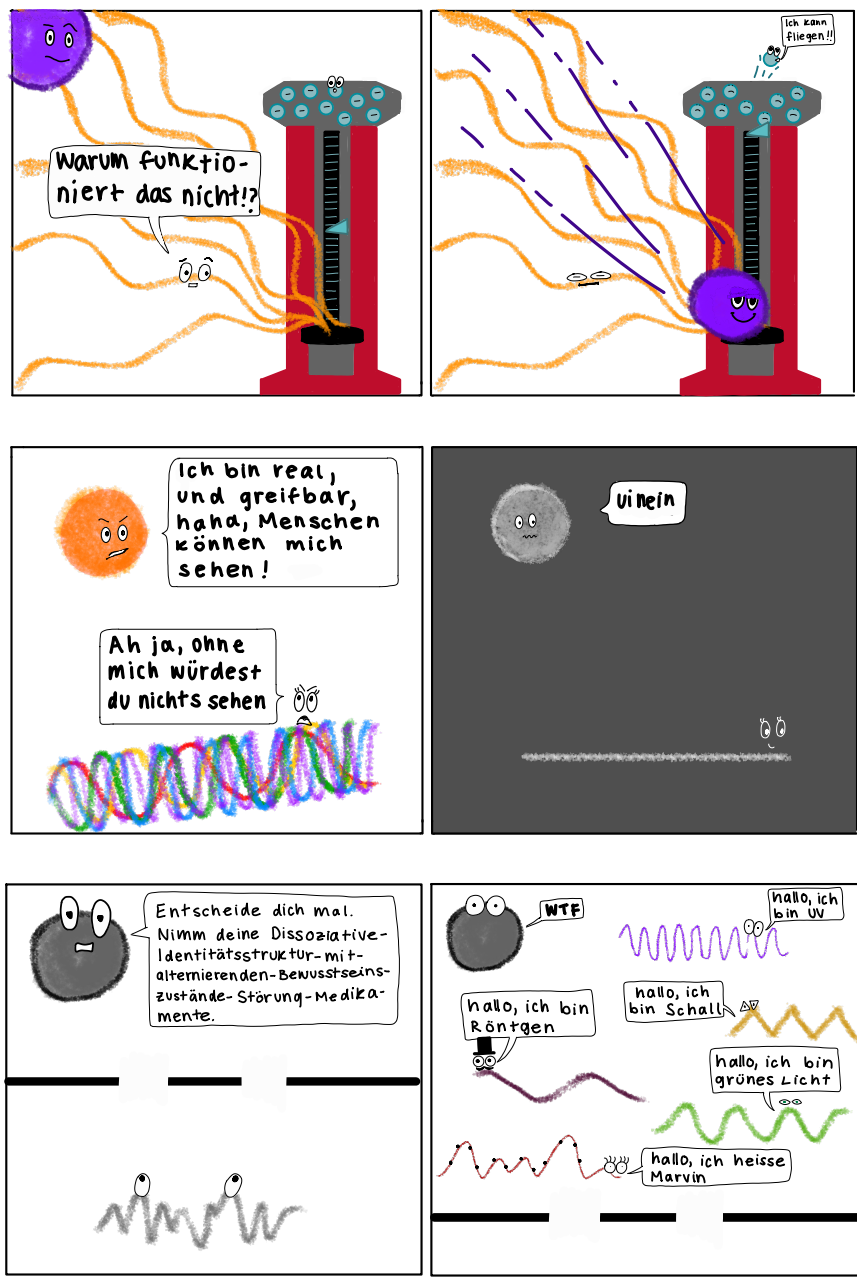
Honestly, not much ... It just shows that sometimes you can't be everything at once. It is somewhat reassuring that it isn't really me being bad at icebreakers that make them painful, but rather the fundamental setup of the situation. So, next time you are trapped in a cringe-inducing icebreaker, don't panic, it's not you, it's just uncertainty.

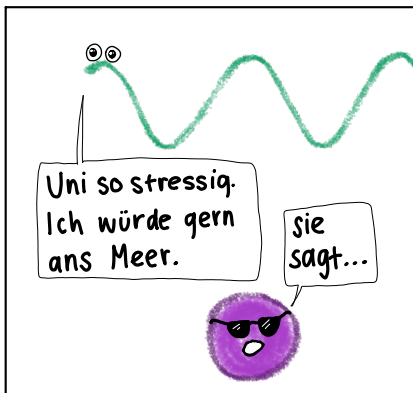
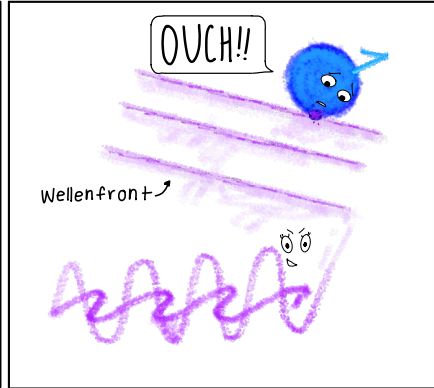


Welle-Teilchen-«Duellismus»

Ana María Gómez Rincón, Anna Mack Danke an all die Leute, die geholfen haben, diese Ideen zu sammeln.







Ambivalenz

Fiona Buchholz

Für viele Jahre dachte ich,
eine Welle sei ich und nicht mehr,
habe nicht geglaubt an mich,
denn Licht sein war so schwer.

Wurde gezwängt in meine Form,
reduziert, verdreht und ausgenutzt.
Entsprechen musste ich der Norm,
von allen Seiten nur benutzt.

Ich wollte nicht nur Welle sein,
im Leben mehr bewegen,
nicht unbedeutend und nicht klein,
der Welt nicht unterlegen.

Doch eines Tages fand ich Mut,
sah die Chance, mich zu beweisen,
endlich loszulassen meine Wut,
und frei in meine Zukunft zu reisen.

Als Teilchen fliege ich durch Raum und Zeit,
doch bin auch Welle nach Belieben.
Von allen Zwängen dieser Welt befreit,
und nicht mehr eindeutig beschrieben.

An alle, die genau wie ich,
entsprechen müssen einer Norm,
– seht her, seht Licht, seht mich –
ändern könnt ihr eure Form!

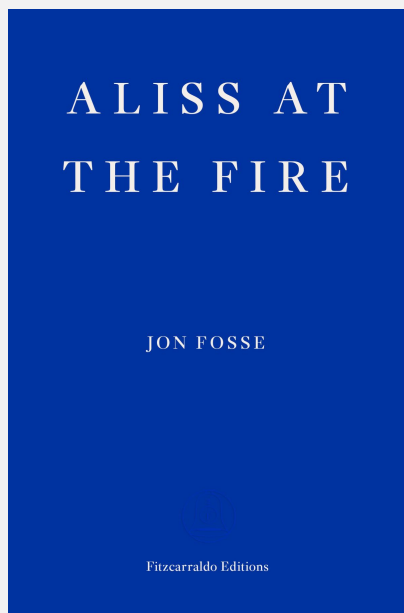
So ruft hinaus ganz laut und weit,
schickt Wellen durch den Raum,
lasst alle hören, wenn ihr schreit:
«Niemand nimmt mir meinen Traum!»



Aliss at the Fire, by Jon Fosse

The Best Introduction to a Nobel Prize Winner

Alexander Gibbert



Title	<i>Aliss at the Fire</i>
Year	2010
Author	Jon Fosse
Pages	107

In 2023, the Nobel Prize for Literature was given to the Norwegian author and playwright Jon Fosse. His plays include *The Name* (1995), *Dream of Autumn* (1999) and *I Am the Wind* (2007). He is the second most-performed playwright in Norway after Henrik Ibsen¹ and has won several other prizes, including the International Ibsen Award (2008), the European Prize for Litera-

ture (2014) and the Brage Prize for Fiction (2021). His prose work includes the seven-novel collection aptly named *Septology*, in which he explores questions related to the nature of existence and human transcendence.

Out of this wonderfully diverse collection of works, I propose the comparatively short novella (around a hundred pages) *Aliss at the Fire*. This intriguing little book tells the story of the middle-aged woman Signe, who, lying on the bench of her old family house, drifts through the various generations that have inhabited her humble home. In doing so, she “meets” her late husband’s family through the ages, finally reaching the great-great-grandmother of her husband, Aliss. Situated on the shores of a deep Fjord, their little wooden house is constantly battered by wind and rain. And yet the darkness continually drives Signe’s husband, Asle, to stand, transfixed, at that gnawing windowpane and, even more inexplicably, row out onto the dark waters of the Fjord. We learn that it was from one of these fool-hardy expeditions that he was destined never to return.

Fosse’s unconventional writing style, marked by simple wording and a well-founded scorn for punctuation, allows the reader to drift along with the protagonist coaxing them away from the “stubborn

¹ Just for context, Ibsen is the second most performed dramatist, worldwide, after Shakespeare.

illusion” of time-bound thought, into the boundless musings of the mind. A book where things as seemingly distinct as past and present, hallucination and reality co-mingle in the eye of the protagonists and the reader.



After receiving his Nobel Prize, the Swedish

academy described Jon Fosse in the following way:

In his radical reduction of language and dramatic action, he expresses the most powerful human emotions of anxiety and powerlessness in the simplest everyday terms.^[1]

Aliss at the Fire encapsulates this characterisation perfectly, making it an ideal first step in understanding and appreciating this great author in all his exquisite uniqueness.

Bibliography

- [1] Nobel Prize Outreach, “Jone Fosse – Facts”, can be found under <https://www.nobelprize.org/prizes/literature/2023/fosse/facts/>, **2023**.



Auswertung des NaKo-Hafermilchtastings

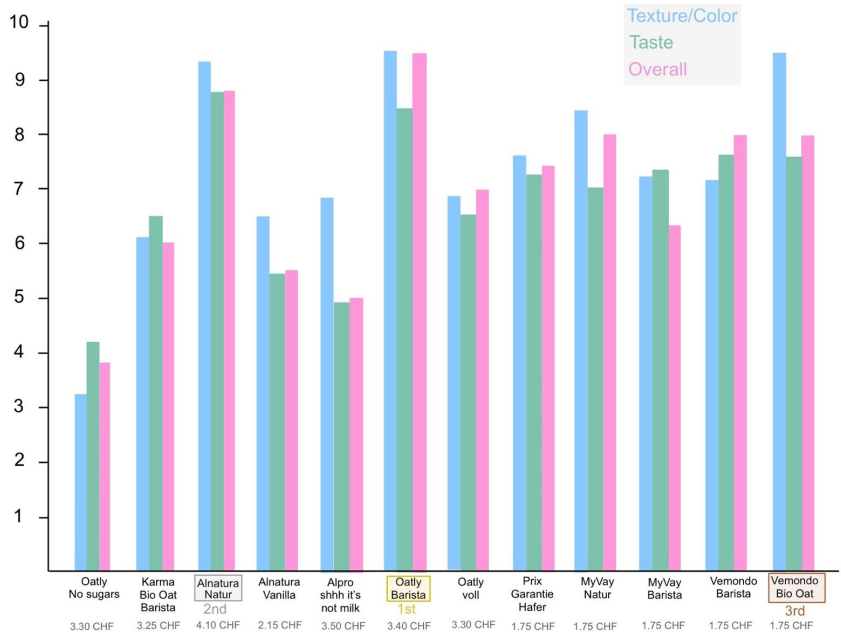
Hannah Osthaus Am 15. Januar lud die NaKo der VCS gemeinsam mit Irrational Coffee zum grossen Hafermilch-Tasting in die **Velove-Werkstatt am Höngg** ein. In gemütlicher Atmosphäre und mit dem Duft von frisch gebrühtem Kaffee in der Luft durften die Teilnehmenden zwölf verschiedene Haferdrinks von Coop, Migros, Lidl und Aldi verkosten und bewerten.

Jede Sorte wurde hinsichtlich Textur und Farbe, Geschmack und des Gesamteindrucks beurteilt. Die Ergebnisse zeigen: **Oatly Barista** hat das Rennen gewonnen. Man munkelt, echte Oatly-Fans erkennen ihre Lieblingsmilch sogar blind – und tatsächlich haben sie einige beim Blind-Tasting treffsicher herausgeschmeckt.

Alnatura Natur von Migros und **Vemondo Bio Oat** von Lidl sicherten sich Platz zwei und drei. Wer also beim nächsten Mal seine Lieblings-Hafermilch im Supermarkt-Regal sucht: Ein Blick auf die Grafik lohnt sich!

Nach dem Voting konnten sich alle mit ihrer neuen Lieblings-Hafermilch einen köstlichen Kaffee von **Irrational Coffee** zubereiten lassen – mit feinsten Latte Art und vollem Aroma, das je nach Haferdrink ganz unterschiedliche Nuancen zeigte.

Nebenbei entstanden spannende Gespräche über Nachhaltigkeit und die kleinen, aber feinen Unterschiede zwischen den verschiedenen Haferdrinks. Für viele kam das Event genau richtig – als kleine Auszeit in der Lernphase und perfekte Gelegenheit zum Koffein tanken.



Was zum Teil(ch)en



Vietnamesisch inspirierte Summer Rolls

Silvan Zumbrunn Summer Rolls sind eine **leichte, vegetarische Mahlzeit**, die perfekt fürs Teilen geeignet sind. Die Rolls können im Voraus vorbereitet werden, jedoch ist es empfehlenswert, sie direkt am Tisch zu rollen. Jegliches Gemüse kann substituiert werden, beispielsweise durch Paprika, Blattspinat oder Kohl.

Menge	4 Personen
Dauer	20–30 min
Zutaten	150 g Tofu
	1 Zehe Knoblauch
	200 mL Kokosmilch
	80 g Erdnussbutter (creamy oder crunchy)
	2 EL rote Currypaste
	1 EL Sojasauce
	1 St. Salat nach Wahl
	1 St. Salatgurke
	300 g Karotten
	1 Bund Frühlingszwiebeln oder Bundzwiebel
	1 Bund frische Minze
	200 g Sojasprossen
	ca. 20 St. Reispapier

aufgelöst hat. Die Sauce einkochen, bis sie dickförmig ist, und anschliessend mit Sojasauce und/oder Salz abschmecken. Die Sauce in einer geeigneten Schale servieren.

3. Den Salat, die Salatgurke, die Karotten und die Frühlingszwiebeln in ca. 10 cm lange Stücke schneiden und mit den Sojasprossen, ein paar Blättern frischer Minze und dem Tofu auf einem oder zwei Teller anrichten.



Zubereitung

1. Den Tofu in ca. 10 cm lange Streifen schneiden und in Pflanzenöl anbraten, bis er Farbe bekommt. Mit etwas Salz abschmecken und zur Seite legen.
2. Den Knoblauch pressen und in einem Topf anschwitzen. Die Kokosmilch hinzugeben und bis zum Köcheln erhitzen. Bei Bedarf etwas Wasser hinzufügen. Die Erdnussbutter und Currypaste dazugeben und rühren, bis sich beides
4. Eine grosse Schüssel mit kochendem Wasser füllen und auf den Tisch platzieren.
5. Zum Rollen einer Summer Roll:
 - a. Ein Blatt Reispapier im heissen

Wasser komplett eintauchen und anfeuchten.

- b. Alle Zutaten horizontal in der Mitte des Reisapiers in einer Linie platzieren.
- c. Die Seiten einfolden und von oben nach unten einrollen.



6. Die Summer Rolls in die Erdnussauce tauchen und genießen.



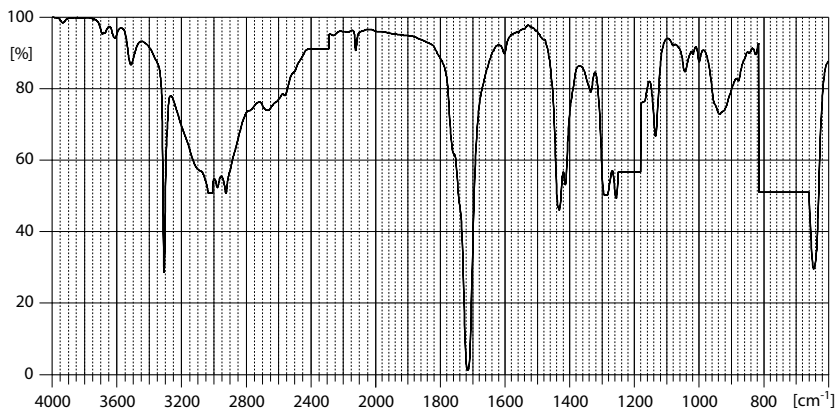
Spektrenrätsel

Zur Verfügung gestellt von Dr. Marc-Olivier Ebert Lösungsvorschläge bitte an exsi@vcs.ethz.ch, der erste richtige Vorschlag wird mit einem Preis belohnt. Die Lösung findet ihr im nächsten Exsi.

Tipps: In den DEPT-Spektren ist nicht alles das, wonach es auf den ersten Blick aussieht. Das Signal bei $m/z = 97$ ist nicht das Molekölion.

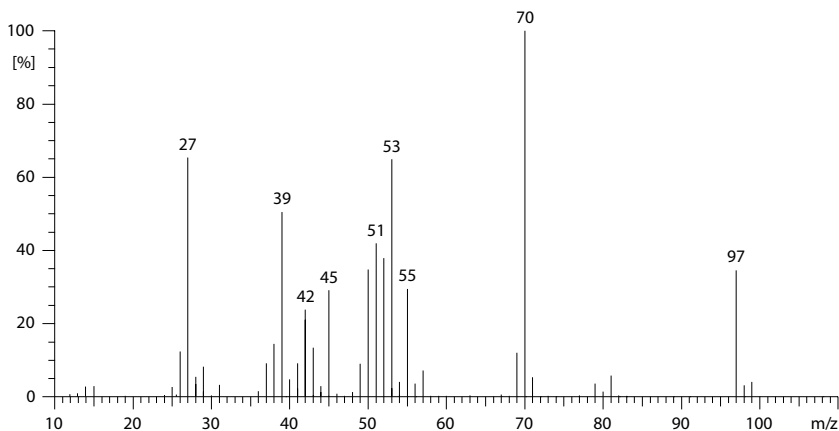
IR

Perkin-Elmer Modell Spectrum BX FT-IR, aufgenommen in CH_3Cl



MS

El, 70 eV

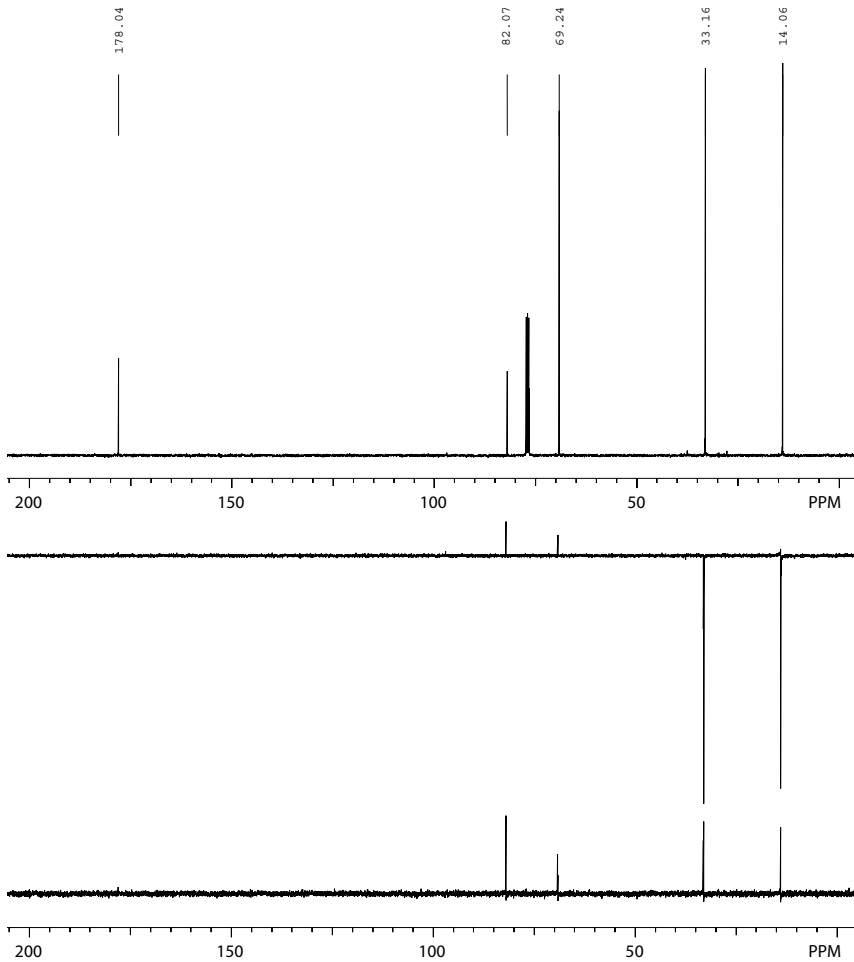


^{13}C -NMR

100 MHz, aufgenommen in CD_3Cl

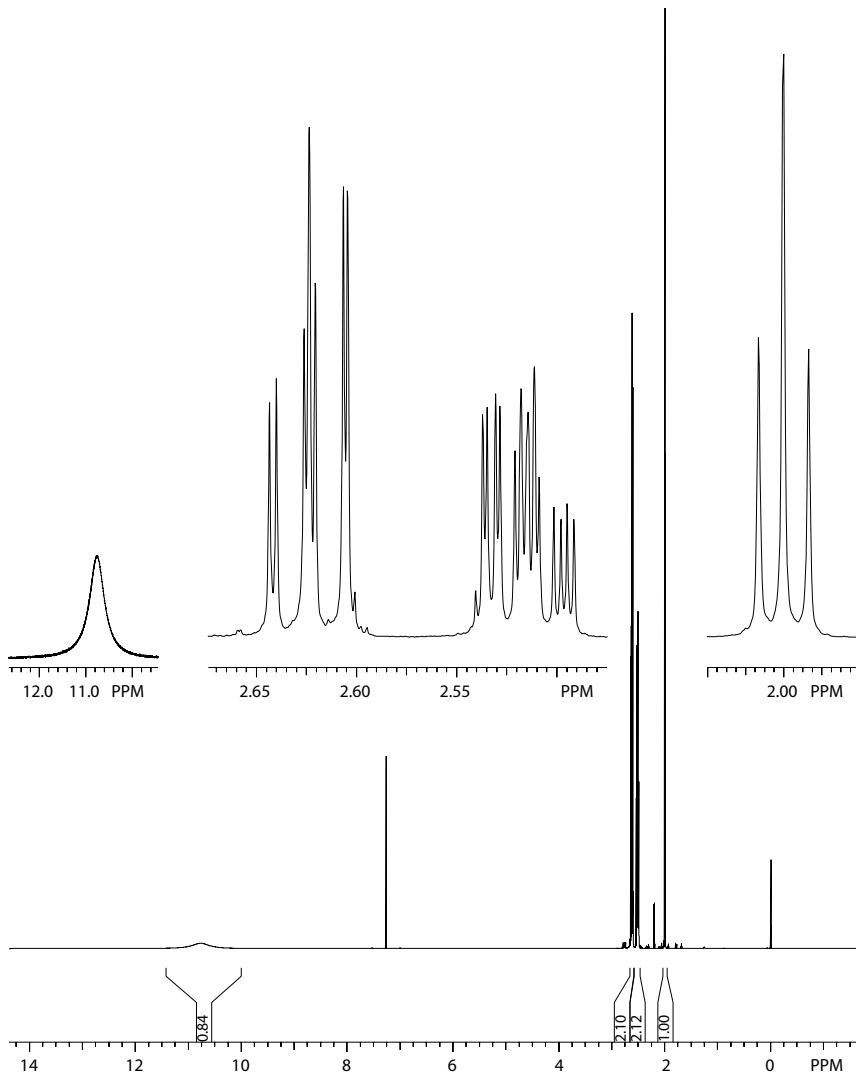
oben: breitband-entkoppelt

unten: DEPT



^1H -NMR

400 MHz, aufgenommen in CD_3Cl



Wie ein unschuldiges Atom uns den neuen US-Gesundheitsminister einbrockte

Leif Sieben Sind wir ehrlich – es geht gerade drunter und drüber mit dieser Welt. Und wie will man die Gegenwart verstehen, ohne von der Vergangenheit gelernt zu haben? Heute also eine kleine Geschichtsstunde über das amerikanische Politsystem, die Historie eines Elementes und wie Chemie – auf Umwegen – zu Amerikanischen Regierungsministern führen kann.

Fjodor Dostojewski soll einmal gesagt haben, es sei nichts leichter, als einen Übeltäter zu verurteilen; nichts schwieriger, als ihn zu verstehen. Um Robert Francis Kennedy Junior zu verstehen, lässt sich ein Anfang in einer ganz persönlichen Tragik nicht umgehen. Kennedy, in den USA wohl besser bekannt unter seinen Initialen RFK Jr., wird 1954 als das dritte von elf Kindern des damaligen Senators Robert «Bobby» F. Kennedy in Washington D.C. geboren und ist damit Neffe des 35. US-Präsidenten – und wohl bekanntesten Kennedys – John F. Kennedy. Im Alter von neun Jahren wird sein Onkel tragischerweise ermordet und fünf Jahre darauf erleidet sein eigener Vater während dessen Kampagne als Präsidentschaftskandidat das gleiche Schicksal. Der 14-jährige RFK Jr. fliegt noch am gleichen Tag mit dem Vizepräsidenten Hubert Humphrey auf der Air Force Two nach Los Angeles, um die letzten Augenblicke mit seinem Vater zu verbringen.

Er beginnt sein Studium in Harvard, derselben Universität, an der sein Vater zunächst studiert hatte, wo er zuerst [mit Heroin und Kokain experimentiert](#). Noch als

Teenager hatte man ihn von zwei Internaten wegen Drogenmissbrauchs verwiesen, zu einer Zeit als er allem Anschein nach als Anführer einer Gruppe verwöhnter, reicher Kinder fungierte, die sich selbst die «Hyanis Port Terrors» nannten.^[1,2] Nach einem Abschluss in amerikanischer Geschichte und Literatur tritt er weiter in die Fußstapfen seines Vaters, indem er wie dieser zum Doktor des Rechts an der University of Virginia promoviert.

Mit kaum 28 wird RFK Jr. bereits assistierender Staatsanwalt in Manhattan, fällt allerdings durch seine Anwaltsprüfung und muss im September 1983 bereits wieder zurücktreten, da man ihm den Besitz von Heroin nachweisen konnte.^[3] Nachdem Kennedy durch das Gericht zu einem Entzugsprogramm verpflichtet wurde, findet sein bald 14 Jahre langer Drogenkonsum sein Ende. Kennedy beginnt als Freiwilliger bei einer gemeinnützigen Organisation für den [Schutz des Hudson River](#). Dort sollte Kennedy seine eigentliche Berufung finden als Umweltschützer, der in seiner Zeit verhindern konnte, dass Unternehmen wie General Electric ungestraft Abwasser in den Hud-

son River leiten konnten. Zu seinen grössten Erfolgen zählt das Stilllegen des Kernkraftwerks Indian Point. Nach einem fast 34 Jahre andauernden Rechtsstreit wurde die Anlage 2022 vom Netz genommen. Die Treibhausgasemissionen des Bundesstaates New York stiegen darauf um 37 %.^[4]

Im Jahr 2000 wurde Kennedy zum ersten Mal auf die angebliche Verbindung zwischen Impfungen und Autismus hingewiesen. Seine Kanzlei, Kennedy & Madonna, war zu dieser Zeit in einer Reihe an Rechtsschreitigkeiten beteiligt, die mit der Verunreinigung öffentlicher Gewässer zu tun hatten. So zum Beispiel eine ganze Reihe an Klagen, die damals im Rahmen der von Kennedy initiierten «Clean Coal is a Deadly Lie»-Kampagne gegen Kohleproduzenten lanciert wurden, und sich explizit um die **Emission von Quecksilber** drehten.



Abbildung 24.1: Robert F. Kennedy Junior mit seinem Onkel John F. Kennedy im Oval Office.

Wäre es nicht für dieses kleine und insbesondere in Gasform hochtoxische Element gewesen, wäre RFK Jr. vielleicht nie in Kontakt mit jenem Thema gekommen,

für das er heute wohl berühmt, gar berüchtigt ist: das Impfen. Eine junge Mutter kontaktierte Kennedy, weil sie besorgt war über die **Verwendung von Quecksilber in Impfstoffen**. Kennedy, der dank einer Reihe von Filmen über seinen Umweltschutz, produziert durch seine Schwester Rory Kennedy, eine nationale Reichweite erlangt hatte, griff das Thema mit Begeisterung auf und wurde zum vermutlich Bekanntesten der selbsterklärten Impf«skeptiker». Ob Pyrrhon von Elis, dem Begründer der pyrrhonischen Skepsis, mit der Verwendung dieses Begriffes für eine durchaus dogmatische, nur eben dogmatisch negative, Weltansicht ganz einverstanden wäre, sei einmal dahingestellt. Aber Kennedys Karriere sollte schon sehr bald durch seine Stellungnahme definiert werden.

Sein sehr öffentlicher Aktivismus gegen Impfpflichten, die Pharmaindustrie und was er als internationale Allianz im globalen Krieg gegen Demokratie und öffentliche Gesundheit sah – so zumindest der Titel seines neusten Buches – brachte ihm viel Zuspruch und vor allem mediale Aufmerksamkeit während der Corona-Pandemie ein. Sein neu gewonnener Status als ideeller Anführer einer nationalen Anti-Impfbewegung führte Kennedy dazu, sich 2024 selbst als Präsidentschaftskandidat, zunächst wie sein Vater als Demokrat, später dann als Unabhängiger aufzustellen. Er ist damit **der fünfte Kennedy, der sich für das Amt des Präsidenten zur Wahl stellt**. Seine Kampagne, die mehrheitlich von

Trump-Unterstützern finanziert wurde, welche sich erhofften, das Lager der Demokratischen Partei zu spalten, sollte allerdings nicht lange währen. Im August desselben Jahres stellte Kennedy seine Kampagne ein, um Donald Trump zu unterstützen. Er und Trump, von dem Kennedy einmal gesagt hatte, dass ihre Positionen «nicht weiter auseinander sein könnten», seien sich «in vielen zentralen Fragen einig».^[5,6] Seine Loyalität sollte belohnt werden und Trump nominierte RFK Jr. kurz nach seiner Wahl zum Gesundheitsminister in seinem Kabinett.



Abbildung 24.2: (v. l. n. r.) Elon Musk, Donald Trump Sr., Donald Trump Jr., Mike Johnson und RFK Jr. bei einem BigMac Dinner in Trumps Privatjet, genannt die «Trump Force One». RFK Jr. ist ein langjähriger Gegner der amerikanischen Lebensmittelindustrie und des übermäßigen Verzehr ultra-verarbeiteter Nahrungsmittel.

Entgegen den expliziten Wünschen von 75 amerikanischen Nobelpreisträgern wurde Robert F. Kennedy am 4. Februar 2025 vom US-amerikanischen Senat bestätigt.^[7] Nur der scheidende Fraktionschef der Republikaner, Mitch McConnell, der selber als Kind Polio überlebt hatte, stimmte als Republikaner gegen Kennedy. Ein bekannter

amerikanischer Epidemiologe meinte zu dieser Entscheidung, RFK Jr. zum Chef des Gesundheitsministeriums zu ernennen, sei, **als würde man einen Flat-Earther zum Vorsitzenden der NASA wählen**.^[8] Wenige Minuten nach Kennedys offiziellem Amtsbeginn erliess Trump die «Make America Healthy Again» (MAHA)-Kommission, die sich damit beschäftigen soll, wie die Inzidenz von chronischen Kindererkrankungen reduziert werden kann und welche die potenziellen Gefahren von Antidepressiva, Antipsychotika und Gewichtsverlustmedikamenten prüfen soll. Am Tag darauf erfuhr das Center for Disease Control and Prevention (CDC) und das National Institute of Health (NIH), dass fast 5200 Angestellte entlassen werden müssen. Dasselbe NIH, welches übrigens gerade seinen jährlichen Etat für Grants um \$4 Milliarden kürzen musste.^[9]

Wie schon sein Onkel JFK, der als Kind Märsen und Windpocken überlebt hatte und der zeitlebens an starken Rückenschmerzen litt, wurde Kennedy mit mehreren chronischen, zum Teil durch Infektionen hervorgerufenen, Krankheiten diagnostiziert. Vor zwanzig Jahren drohte ihm gar der Verlust seiner Stimme, nachdem eine spasmodische Dysphonie, eine Krankheit der Stimmbänder, festgestellt wurde. Kennedy sagt von sich selbst, dass er an neurologischen Problemen leidet, die er auf einen Wurm zurückführt, der einen Teil seines Hirnes gegessen habe, sowie auf übermäßigem Verzehr von Thunfisch, womit er sich **mit Quecksilber vergiftet** haben will.^[10]

Quecksilber und insbesondere Organoquecksilberverbindungen wie Methylquecksilber sind tatsächlich dafür bekannt, sich in vielen Fischen, besonders Raubfischen wie dem Thunfisch, anzureichern. Die amerikanische Environmental Protection Agency (EPA) empfiehlt einen Grenzrichtwert von 0.1 Mikrogramm Methylquecksilber pro Kilogramm Körpergewicht – ein Richtwert, der bei regelmäßigem Thunfischkonsum leicht überschritten werden kann.^[11] Die Hauptquellen für Organoquecksilberverbindungen sind die Kohle- und Zementindustrie, sowie Amalgamfüllungen, die zum Plombieren von Zahnlöchern verwendet werden. Ausserdem kann es bei der Produktion von Vinylchloriden und Natriumhydroxid in der Chlor-Alkali-Industrie zu Quecksilberemissionen kommen.^[12]

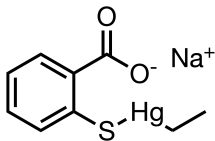


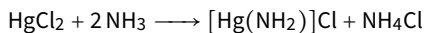
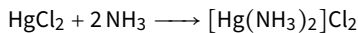
Abbildung 24.3: Thiomersal.

Es sollte übrigens genauso eine Organoquecksilberverbindung, Thiomersal, sein, die Kennedys Interesse an Impfungen auslösen und die anhaltende Besorgnis vieler Eltern befeuert. Thiomersal, 1927 von Eli Lilly vermarktet, ist ein potentes Antibiotikum, das als Nasen- und Ohrentropfen erhältlich ist und das früher sowohl in Kosmetika als auch in Tätowiertinte verwendet wurde. Dennoch ist Thiomersal in hohen

Konzentrationen giftig und bei falscher Entsorgung umweltschädlich. In Impfstoffen wurde Thiomersal zum ersten Mal eingeführt, nachdem 1928 zwölf Kinder aufgrund einer *Staphylococcus*-Infektion verstarben, die auf eine infizierte Impfdosis zurückzuführen war. Bei sogenannte Mehrfachimpfungen wird eine einzige Flasche Impfstoff mehreren Patienten über unterschiedliche Nadeln verabreicht. Dabei können Bakterien in den Impfstoff und somit direkt in das Blutssystem gelangen. Sowohl in den USA als auch in der EU wird Thiomersal mit Ausnahme einiger spezieller Grippeimpfungen, die im Falle einer Pandemie an Erwachsenen verabreicht werden sollen, nicht mehr verwendet.^[13–15] Thiomersal wird weiterhin in vielen Impfprogrammen im globalen Süden verwendet, weil grosse Impfkampagnen aufgrund der hohen Kühl- und Logistikkosten anders nicht zu finanzieren wären.

Das Element Quecksilber ist übrigens mindestens seit der frühen Antike bekannt und wird bereits bei Aristoteles oder Plinius dem Älteren erwähnt. Ursprünglich als ὑδράργυρος (Hydrargyros) oder flüssiges Silber bekannt, kam es ins Deutsche zunächst als Übersetzung aus dem Lateinischen *argentum vivum* oder «lebendiges Silber». Davon abgeleitet entstand das Wort «Quecksilber», d. h. schnelles oder bewegtes Silber, wie im Wort quicklebendig oder dem heute veralteten Begriff «Quickborn» für Jungbrunnen. Paracelsus war der erste, der Quecksilberkomplexe, genannt *Mer-*

curius praecipitatus, als Medikamente verschrieb. Die von Paracelsus verschriebenen Quecksilber-Amminokomplexe waren das schmelzbare Präzipitat (Schmelzpunkt 300 °C) aus Quecksilber(II)-chlorid versetzt mit gasförmigem Ammoniak, sowie das unschmelzbare Präzipitat, das bei der Mischung von Quecksilber(II)-oxid mit Ammoniakwasser entsteht.



In der mittelalterlichen Alchemie gehörte Quecksilber zu den sieben bekannten Metallen Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei und Zinn. Jene sieben Metalle wurden im Allgemeinen den sieben damals bekannten Planeten zugeordnet. Quecksilber teilt sich sein alchemistisches Symbol mit dem Planeten Merkur – woher auch der englische Begriff *mercury* stammt. Für Paracelsus und viele Alchemisten seiner Zeit, die Schwefel, Quecksilber und Salz als die drei Grundelemente des Universums sahen, nahm insbesondere die Verbindung des «männlichen» Elements Quecksilber mit dem «weiblichen» Element Schwefel, HgS auch Zinnober genannt, eine besondere Stellung ein. Bis heute hält sich übrigens die Vermutung, dass Wolfgang Amadeus Mozart auch aufgrund einer Quecksilbertherapie seines damaligen Hausarztes verstorben sei.^[16]

Nun wäre es nicht für unser kleines, unschuldiges Element gewesen, hätte RFK Jr. vielleicht nie seinen inneren Impfgegner

entdeckt und jemand ganz anderes wäre zum neuen US-Gesundheitsminister geworden. Aber wer weiss, vielleicht wäre auch alles genauso gekommen, wie es ist. **In jedem Fall mag uns die Geschichte eine Lehre sein.** Wir haben als Feld ein grosses Image-Problem: Selbst die meisten Chemiker haben nicht gerne «Chemie in ihrem Essen». Dabei kann Chemie, in den richtigen Händen, handfeste Wunder vollbringen und ohne Antibiotika, selbst solche wie Thiomer-sal, würden heute noch sehr viel mehr Menschen wie Mozart mit 35 an einer einfachen Staphylokokken-Infektion versterben. Aber es wurde viel Unheil mit unserem Beruf getrieben, tun wir also unser Möglichstes, dass wir selbst im Dienste des Besseren stehen.

Quellen

- [1] R. Raposas, «RFK Jr. Says Heroin Made Him a Top-of-Class Student in Resurfaced Clip: «It Worked for Me»», zu finden unter <https://people.com/rfk-jr-heroin-use-to-p-of-class-student-8752783>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [2] E. McNamara, «Robert F. Kennedy Jr. is no Jack – or Bobby – Kennedy», zu finden unter <https://www.wbur.org/cognoscenti/2024/02/14/robert-f-kennedy-jr-super-bowl-ad-eileen-mcnamara>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [3] Time, «Crash Landing For Bobby», zu finden unter <https://time.com/archive/6882941/crash-landing-for-bobby/>, **1983** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [4] E. Levitz, «Once Again, Environmentalists Are Sabotaging Climate Progress», zu finden unter <https://nymag.com/intellige>

- ncer/2022/04/environmentalists-are-sabotaging-climate-progress-again.html, **2022** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [5] T. Roush, «RFK Jr. Endorses Trump After Calling Him «Sociopath» – His Reversal, Explained», zu finden unter <https://www.forbes.com/sites/tylerroush/2024/08/23/rfk-jr-endorses-trump-after-calling-him-sociopath---his-reversal-explained/>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [6] K. Koretski, B. Kamisar, H. J. Gomez, G. Haake, D. Burns, «RFK Jr. endorses Trump after weeks of back-channel courtship», zu finden unter <https://www.nbcnews.com/politics/2024-election/rfk-jr-says-court-filing-endorsing-trump-ending-presidential-hopes-rcna165936?taid=66c8d85fa497bd0001e9e5d3>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [7] «Read the Letter From Nobel Laureates Urging That Mr. Kennedy Not Be Confirmed», zu finden unter <https://www.nytimes.com/interactive/2024/12/09/health/rfkltr.html>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [8] C. Jewett, «Kennedy Sought to Stop Covid Vaccinations 6 Months After Rollout», zu finden unter <https://www.nytimes.com/2025/01/17/health/rfk-jr-covid-vaccines.html>, **2025** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [9] G. Smith, «Outcry as NIH plans \$4 billion cut to reimburse scientists», zu finden unter https://medicalxpress.com/news/2025-02-outcry-nih-billion-reimburse-scientists.html?utm_source=chatgpt.com, **2025** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [10] S. Craig, «R.F.K. Jr. Says Doctors Found a Dead Worm in His Brain», zu finden unter <https://www.nytimes.com/2024/05/08/us/rfk-jr-brain-health-memory-loss.html>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [11] U.S. Food & Drug Administration, «Technical Information on Development of FDA/EPA Advice about Eating Fish for Those Who Might Become or Are Pregnant or Breastfeeding and Children Ages 1-11 Years», zu finden unter <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/technical-information-development-fdaepa-advice-about-eating-fish-those-who-might-become-or-are>, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [12] A. Katz, P. A. Krenkel, *Critical Reviews in Environmental Control* **1972**, 2, 517–534.
- [13] U.S. Food & Drug Administration, «Thimerosal and Vaccines», zu finden unter <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/safety-availability-biologics/thimerosal-and-vaccines>, **2025**.
- [14] Paul-Ehrlich-Institut, «Fachliche Information für Ärzte und Apotheker: Pandemie-Impfstoffe in der Schwangerschaft», zu finden unter https://web.archive.org/web/20100316165953/http://www.pei.de/cln_116/nn_160302/DE/infos/fachkreise/impf-fach/schweineinfluenza/pand-impf/schweineinfluenza-impfstoffe-schwangerschaft.html, **2009** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [15] I. Deschamps, «Manufacturer perspectives on alternatives to thiomersal», zu finden unter https://terranace.who.int/mediacentre/data/sage/SAGE_Docs_Ppt_Apr2012/10_session_intergovernmental_negotiating_committee/Apr2012_session10_thiomersal_Novartis.pdf?utm_source=chatgpt.com, **2024** (abgerufen 27. Feb. 2025).
- [16] W. V. Farrar, A. R. Williams, in *The Chemistry of Mercury*, Palgrave Macmillan UK, **1977**, S. 1–45.



Präsi labert

Liebe VCS-Mitglieder

Das neue Semester ist bereits voll im Gange und so langsam gehen wir aus der Skisaison heraus in die sommerlichen Monate des Jahres. Pünktlich dafür erscheint **der erste Exsi des Jahres**, welcher ausgehend vom Titelthema besonders den PC-Begeisterten unter Euch gefallen dürfte.

In den vergangenen Wochen fand auch die Generalversammlung der VCS statt, weswegen Ihr natürlich wieder eine GV-Reportage in diesem Exsi finden könnt. Im Allgemeinen waren bereits die ersten Semesterwochen wie immer vollgepackt mit Events der VCS, wie dem **ICL-Austausch**, dem **Ski-weekend in Adelboden** und natürlich auch der **Karaoke-Nacht im LochNess**. Aber auch Klassiker wie das Bierpongturnier durften natürlich nicht fehlen, wo erwartungsgemäss die Anmeldung nach wenigen Stunden bereits voll war.

In den kommenden Tagen steht noch eine ausserordentliche Generalversammlung der VCS an, da die Erfolgsrechnung 2024 zum Zeitpunkt der FS-GV noch nicht finalisiert werden konnte, sowie der **Austausch mit der Radboud University Nijmegen** über die Osterferien. Darüber hinaus

findet natürlich wie jedes Jahr im Mai auch unsere legendäre Maibowle nach Geheimrezept statt, bei der sich jeder über den ganzen Tag jeder kostenlos so viel Bowle abholen darf, wie er oder sie möchte.

An dieser Stelle möchte ich natürlich auch die Gelegenheit nutzen, um uns im Namen des Vorstands unseren tatkräftigen Helferinnen und Helfern bei den Events zu danken und natürlich auch in diesem Jahr möglichst viele für die Events der VCS zu motivieren. Wie jedes Semester bieten wir **eine breite Palette an Events** an, wo für jeden und jede was dabei sein sollte. Für unsere Helfenden dieses Semester werden wir natürlich auch wieder ein Helfendenessen veranstalten, um euch für Eure Arbeit etwas entlohnen zu können.

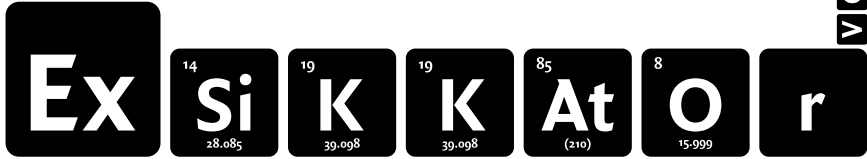
Dann wünsche ich Euch noch eine schöne zweite Semesterhälfte und hoffentlich sehen wir uns bei ein paar Events.

Euer Connor

Connor



Impressum



Chefredaktion

Samira Neff exsi@vcs.ethz.ch

Vize-Chefredaktion

Léona Dörries, Nonô Saramago

Cover

Barbara Bönnhoff

Layout

Samira Neff

Lektorat

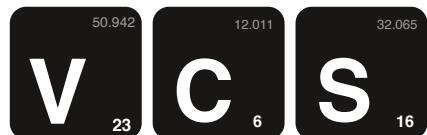
Fiona Buchholz, Léona Dörries,
Uma Grotefeld, Leonard Hummer,
Kenny Lay, Lisa Likhacheva, Rkaya Müller,
Samira Neff, Roland Stech, Richard Walter

Redaktion

Fiona Buchholz, Alexander Gibbert,
Donata Giuliani, Ana María Gómez Rincón,
Luise Hahne, Simon Hauser,
Leonard Hummer, Almaz Joray, Kenny Lay,
Lisa Likhacheva, Anna Mack, Lara Moser,
David Muñoz de la Espada,
Hannah Osthaus, Olga Palffy,
Rémi Peuscet, Connor Pütz, Daniel Schiller,
Leif Sieben, Emma Tita, Samuel Wechsler,
Aysan Ylmaz, Raphael Zumbrunn,
Silvan Zumbrunn

Anschrift Re(d)aktion

Vereinigung der Chemiestudierenden
ETH Hönggerberg
Postfach 84
Wolfgang-Pauli-Strasse 9
CH-8093 Zürich
<https://exsikkator.ethz.ch>



Ex

14

Si

28.085

19

K

39.098

19

K

39.098

85

At

(210)

8

O

15.999

r

April
25

Teilchen

