

# Masterfeier Physik 2023, ETH Zürich

Liebe Meisterinnen und Meister der Physik  
Werte Anwesende !

Sie alle kennen die berühmten Worte, die Johann Wolfgang Goethe Doktor Faustus in den Mund gelegt hat:

***Habe nun, ach! Philosophie,  
Juristerei und Medizin,  
Und leider auch Theologie  
Durchaus studiert, mit heißm Bemühn.  
Da steh' ich nun, ich armer Tor,  
Und bin so klug als wie zuvor!***

Auch mit einem Physik-Master Abschluss der ETH Zürich sind Sie wohl oft zur Erkenntnis gekommen, dass ihr Wissen begrenzt ist. **Und das ist gut so!**  
Denn diese Erkenntnis steht am Anfang ihrer künftigen Tätigkeit, nämlich die Ambition etwas Neues zu lernen, zu tun, oder herauszufinden.

In Doktor Faustus' Worten:

***Ob mir durch Geistes Kraft und Mund  
Nicht manch Geheimnis würde kund;  
Dass ich nicht mehr mit sauerm Schweiß  
Zu sagen brauch', was ich nicht weiß;  
Dass ich erkenne, was die Welt  
Im Innersten zusammenhält, ...***

Wie bekannt, wählt Doktor Faustus den einfachen Weg und verschreibt sich der Magie.  
Konkret: er macht einen Pakt mit dem Teufel, um zum tieferen Wissen vorzudringen.

Das bringt mich dazu, drei aktuelle Fragen zu formulieren, die sich auch mir als Wissenschaftler immer wieder stellen:

## 1. Wie gelange ich zu Wissen?

Heute gibt es viele Möglichkeiten – sehr viel mehr als damals, wo wir in der ETH-Bibliothek mühsam **Karteikarten** durchgingen, bis endlich das gewünschte Werk gefunden war, nur um festzustellen, dass dieses ausgeliehen und erst in zwei Wochen verfügbar sei.

Bald kam **Google**, und damit konnten wir uns blitzschnell informieren. Aber dafür zahlen wir einen Preis: Während früher Nachschlagewerke mehrstufig auf Fehler kontrolliert wurden, liegt der Qualitätscheck in unserer eigenen Verantwortung. Wir müssen eine gesunde Skepsis bewahren und die Konsistenz der Information immer wieder überprüfen.

Seit weniger als einem Jahr ist nun eine komplett neue Methode verfügbar. Sie ist verführerisch schnell, ja sogar eloquent: **ChatGPT**. Die software leistet Erstaunliches. Eine Art Konversation mit der Maschine scheint möglich zu sein.

So stellte ich die Frage, ob vielleicht *nicht* der Mensch das Klima verändert. Die Antwort erschien in Sekundenschnelle auf meinem Bildschirm und hat mich richtig verblüfft. Sie war nicht nur sprachlich überzeugend, sondern auch korrekt.

Und in diesem Moment fühlte ich mich wie Doktor Faustus.

***Dass ich nicht mehr mit sauerem Schweiß  
Zu sagen brauch', was ich nicht weiß***

Die Versuchung ist tatsächlich gross, diese Abkürzung zu wählen. Doch genau sie verhindert, dass wir die gesammelte Information nutzen für den kreativen Schritt, für die nächste Frage, die uns die Augen in eine neue Welt öffnet. Kurz: die scheinbar angenehme Abkürzung beraubt uns der Erfahrung, die schönsten Momente der Kreativität selbst erleben zu dürfen.

Zu neuem Wissen vorzustossen, ist ein **kreativer Prozess**, und diesen haben Sie in Ihrem Studium gelernt und geübt.

**Lassen Sie sich diesen nicht nehmen. Die Gesellschaft ist angewiesen auf  
Physikerinnen und Physiker wie Sie, die den kreativen Prozess beherrschen!**

## **2. Wie kommuniziere ich neues Wissen?**

Im Rahmen Ihres Master Studiums haben Sie bereits den ersten Schritt der wissenschaftlichen Kommunikation gemacht. Sie haben eine Arbeit selbst verfasst, ohne ghost writer, und ohne ChatGPT.

Masterarbeiten, Doktorarbeiten und Artikel in **Fachzeitschriften** sind die klassischen Kommunikationsmittel der Wissenschaft. Schaffen wir es in ein sogenanntes «high-impact journal», dann helfen uns vielleicht die Medien- und Kommunikationsspezialisten des Hauses, die komplexen Resultate in verdaubaren Text zu übersetzen, und diesen dann auf ihren Kanälen zu verbreiten.

In den letzten Jahren ist ein sehr effektives Instrument der Kommunikation dazugekommen: **Twitter**. Viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler benutzen es, um in kurzen tweets auf neue Erkenntnisse oder Publikationen aufmerksam zu machen. Das ist äusserst effektiv, denn auch Journalisten verfolgen diese tweets. Twitter ist jedoch ein sehr kurzlebiges Medium und wird in anderen Bereichen primär als **Manipulationsinstrument** verwendet.

Um wissenschaftliche Erkenntnisse in die Gesellschaft zu tragen und langfristig Wirkung zu erzielen, taugt Twitter nicht.

Die Klimaforschung hat aber bereits vor 44 Jahren eine Kommunikationsform eingesetzt, die sich seither zu einem wirksamen Instrument entwickelt hat: Der Bericht, der aus einem **Assessment** resultiert.

Eine Handvoll Wissenschaftler hat für die US National Academy of Science 1979 zum ersten Mal einen Bericht mit dem Titel *Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment* verfasst. In der Zusammenfassung schreiben sie 1979:

***We now have incontrovertible evidence that the atmosphere is indeed changing and that we ourselves contribute to that change. Atmospheric concentrations of carbon dioxide are steadily increasing, and these changes are linked with man's use of fossil fuels and exploitation of the land.***

Weiter schreiben die Wissenschaftler zur Frage der möglichen Konsequenzen:

***In order to address this question in its entirety, one would have to peer into the world of our grandchildren, the world of the twenty-first century.***

- ***Between now and then, how much fuel will we burn, how many trees will we cut?***
- ***How will the carbon thus released be distributed between the earth, ocean, and atmosphere?***
- ***How would a changed climate affect the world society of a generation yet unborn?***

***A complete assessment of all the issues will be a long and difficult task.***

Knapp zehn Jahre später war es dann soweit: 1988 wurde das **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** gegründet, dessen Auftrag es war, genau dieses **complete assessment** durchzuführen. Dieses sollte wissenschaftliche Informationen über den Klimawandel für den Erdgipfel in Rio de Janeiro von 1992 bereitstellen. Aufgrund dieses ersten IPCC Berichts wurde die **UNO Rahmenkonvention über den Klimawandel** verfasst, die 1994 in Kraft trat.

Sie ist die Grundlage für den globalen Klimaschutz, denn in ihrem Artikel 2 heisst es, verkürzt:

***The ultimate objective of this Convention [...] is to achieve [...] stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.***

Ohne diese formalisierte Art der Kommunikation von der Wissenschaft in die Gesellschaft gäbe es die Rahmenkonvention nicht. Ohne die Klimaforschung der letzten 3 Jahrzehnte, und vier weiteren IPCC Berichten, wäre auch das **Pariser Abkommen** nicht zustande gekommen.

Das Abkommen verlangt, dass die globale Erwärmung deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriell gehalten wird. Jedes Land soll seinen Teil zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten nach dem Prinzip der **gemeinsamen aber unterschiedlichen Verantwortung**. Die Schweiz, als hoch industrialisiertes und als eines der reichsten Länder, steht ganz klar in besonderer Verantwortung.

Zu meiner grossen Erleichterung wurde am letzten Sonntag das Klimaschutzgesetz mit 59.1% Ja-Stimmen angenommen. Dies, obwohl eine staatstragende Partei mit einer gut finanzierten Lügenkampagne flächendeckende Propaganda betrieb.

Der Informationsgrad und die gesellschaftliche Beteiligung der Bevölkerung am demokratischen Prozess ist ein wichtiges Element, welche politischen und gesellschaftlichen Entscheidungen getroffen werden.

**Deshalb: Engagieren Sie sich als ausgebildete Physikerinnen und Physiker, Lösungen zu den aktuellen Herausforderungen unserer Gesellschaft zu erarbeiten und zu kommunizieren.**

**Wer wenn nicht Sie, liefern die Fakten!**

Und das bringt mich zur letzten Frage:

### **3. Was geschieht mit dem neuen Wissen?**

Grundlage physikalischer Klimamodelle sind partielle Differentialgleichungen. Die Navier-Stokes Gleichungen beschreiben die Strömungen in der Atmosphäre und im Ozean. Energieflüsse in der Atmosphäre werden aus der Summe der spektralen Absorptionen und Emissionen aller Haupt- und Spurengase berechnet – in Essenz Quantenphysik und Thermodynamik. Die Wolkenbildung wird aufgrund der Dynamik und dem Zustand der Atmosphäre näherungsweise bestimmt. Diese Modelle simulieren das Klima von heute und liefern uns Erklärungen für die Signale vom vergangenen Klima, die wir an Eisbohrkernen, Meeresedimenten, Baumringen und anderen Archiven messen.

Diese Modelle sind aber auch Grundlage für Szenarien der Zukunft:

- Was geschieht, wenn die Emissionen der Treibhausgase nicht auf Netto-Null reduziert werden?
- Welche Auswirkungen hätte das auf die Häufigkeit von Hitzewellen und auf unser Wohlbefinden?
- Was, wenn ein Teil des Antarktischen Eisschildes abschmilzt?

Aus diesen Szenarien haben wir Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bereits 2013 folgenden Schluss gezogen:

***Limiting climate change will require substantial and sustained reductions of greenhouse gas emissions.***

Diese klare Aussage steht im Summary for Policymakers des 5. Assessment Report des IPCC und wurde von 195 Ländern im Konsens akzeptiert. Die Aussage bildet die wissenschaftliche Basis für Netto-Null.

Modelle sind ein Instrument der Klimaphysik. Mit Physik kann man Herzschrittmacher entwickeln, aber auch Bomben bauen. Das ist **das uralte Dilemma der Physik**, ja der Naturwissenschaften schlechthin.

**Das Dilemma** ist bereits in den Skizzen von Leonardo da Vinci sichtbar, dessen Kreativität sowohl Kriegsmaschinen hervorbrachte, wie auch das Innere des menschlichen Körpers zur Heilung von Krankheiten darstellte.

Auch Klimamodelle entziehen sich nicht diesem Dilemma. Ein ganzer Zweig beschäftigt sich seit einiger Zeit mit der Frage:

Könnten wir nicht die Atmosphäre künstlich abkühlen, ohne die praktische Technologie der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas aufgeben zu müssen?

Mit **Geoengineering** müssten wir jedes Jahr mehrere Millionen Tonnen Schwefelstaub in die untere Stratosphäre bringen, der die Sonneneinstrahlung reduziert. Klimamodelle sollen zeigen, dass dieses Experiment klappen könnte und würden so die wissenschaftlichen Argumente liefern für ein zweites globales Klimaexperiment mit ungewissem Ausgang. Ein weiteres Experiment mit Risiken und Konsequenzen für kommende Generationen.

**Geoengineering ist das ChatGPT des Klimaschutzes.** Eine Abkürzung, eine Fake-Lösung. Trotzdem propagieren einige Wissenschaftler ernsthaft diese Strategie und begründen die Machbarkeit mit Resultaten von Klimamodellen. Diese Modelle zeigen aber auch, dass Geoengineering weder die Versauerung des Ozeans, noch die globalen Verschiebungen im Wasserkreislauf aufhalten könnte.

**Was aber ignoriert wird:** Geoengineering ist ein weiterer globaler Eingriff in die Natur. So wie der Artikel 2 des UNO Klimarahmenabkommens für das Einbringen von Treibhausgasen in die Atmosphäre gilt, gilt er auch für das Deponieren von Schwefelstaub in der Stratosphäre. **Eine gefährliche Einwirkung des Menschen auf das Klimasystem muss verhindert werden.**

Auch dazu hat sich Johann Wolfgang Goethe bereits 1797 in seinem **Zauberlehrling** Gedanken gemacht:

***Und sie laufen! Naß und nässer  
wirds im Saal und auf den Stufen.  
Welch entsetzliches Gewässer!  
Herr und Meister! hör mich rufen! –  
Ach, da kommt der Meister!  
Herr, die Not ist groß!  
Die ich rief, die Geister  
werd ich nun nicht los.***

Während der letzten Viertelstunde ist der globale Meeresspiegel um weitere 0.13 Mikrometer angestiegen. Pro Jahrzehnt macht das 4.6 cm, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts insgesamt über einen halben Meter seit Beginn des 20. Jahrhunderts. Unter business-as-usual jedoch einen Meter oder mehr!

**Deshalb, liebe Physik-Meisterinnen und Physik-Meister:  
Setzen Sie sich dafür ein, dass Ihre Erkenntnisse nutzbringend sind und  
nicht Geister kreieren, die sie nicht mehr los werden.**

**Tun Sie aber, was Sie beGEISTERT!**

Auf Ihrem weiteren Weg wünsche ich Ihnen Allen, persönlich und beruflich – alles Gute!

Thomas Stocker  
Bern, 23. Juni 2023