

Wissenschaftliches Arbeiten

¿Was ist das?

Gedanken zur guten wissenschaftlichen Praxis

PD Dr.-Ing. habil. Frank Babick

PVT-Seminar, 30. Juni 2023

March for Science

- globaler Aktionstag von Wissenschaftlern
 - für **Forschung** und **Wissenschaft** und gegen „alternative Fakten“
 - am *Earth Day* (22. April) 2017
 - weltweit 1 Million Teilnehmer
 - vornehmlich in den USA
 - auch in 20 deutschen Universitätsstädten
 - Wiederholung in den Jahren 2018 & 2019
 - Anlass:
Leugnung oder Kleinreden des menschlichen Einflusses auf den Klimawandel bzw. Leugnung des Klimawandels an sich durch diverse Regierungen und politische Akteure



CC-BY-2.0, Becker1999
www.flickr.com/people/21426642@N07

Ausbildungsziele im Studium VNT / WW

- Studienordnung 2019, §2 (Ziele des Studiums):
*„Die Absolvent:innen ... besitzen umfassende **naturwissenschaftliche** und **ingenieurwissenschaftliche** Grundlagenkenntnisse.“*
*“Durch das Beherrschen **wissenschaftlicher Methoden** [können sie] in der Berufspraxis den Anforderungen gerecht werden.“*
- Diplomprüfungsordnung 2019, §29 / §20 (Diplomarbeit):
*„Die Diplomarbeit soll zeigen, dass die bzw. der Studierende in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist Probleme des Studienfaches selbstständig nach **wissenschaftlichen Methoden** zu bearbeiten.“*

¿Was ist Wissenschaft?

1. Was ist Wissenschaft

Wissenschaftler und Ingenieure

- Worin besteht die wichtigste Aufgabe von Wissenschaftlern?

Suche nach der Wahrheit



- Was ist charakteristische Tätigkeit von Ingenieuren?

Lösen technischer Probleme



Wissenschaft

- Wissenschaft und Einzelwissenschaften
- Geistes-, Rechts-, Natur-, Ingenieurs-, Sozial-, Wirtschafts-, Lebenswissenschaften
- Wissenschaftlichkeit
 - methodisches Herangehen
 - Freiheit von Vorurteilen
 - Verzicht auf Werturteile
 - Verifizierbarkeit und Verifizierung jeder Aussage
 - Möglichkeit der Kritik
 - offene Diskussion
 - Objektivität und Intersubjektivität

Methodisches Herangehen

- Problemanalyse, Präzisierung der Fragestellung, Untergliederung in Teilprobleme
- Auseinandersetzung mit Stand des Wissens
- Identifizierung von Einflussgrößen, Entwicklung einer Hypothese oder einer Theorie, Formulierung eines mathematischen Modells
- Auswahl geeigneter Untersuchungswerkzeuge (z.B. Messgeräte, Befragungsmethoden, Algorithmen zur Datenanalyse)
- Erstellung eines Versuchsplanes, systematische und umfassende Variation der Einflussgrößen
- Auswertung und Diskussion aller Versuchsdaten

Freiheit von Vorurteilen, Verzicht auf Werturteile

- Vorurteile?
 - „Einflussgröße A ist mit Sicherheit unwichtig.“
 - „Nach meiner Erfahrung ist Suspension B über Wochen stabil. Wir müssen nicht kontrollieren, ob sich die Partikelgrößenverteilung geändert hat.“
 - „Diese Messwerte kannst Du aussortieren, sie passen nicht zum Modell.“

- Werturteile?
 - „Die Veröffentlichungen ist von iranischen Autoren – das müssen wir nicht ernst nehmen.“
 - „Die Messdaten aus Ihrer Diplomarbeit können nicht stimmen. Professor X vom MIT hatte im letzten völlig andere Ergebnisse präsentiert.“

Verifizierbarkeit und Kritik

- Verifizierbarkeit und Verifizierung jeder Aussage
 - Higgs-Boson:
 - 1964 zunächst nur spekulative Theorie, weil experimentell nicht verifizierbar
 - 2008 Start des *Large Hadron Collider* am CERN → verifizierbare Theorie
 - 2012 Nachweis der Existenz → verifizierte Theorie
 - 2013 Nobelpreis für Physik
- Möglichkeit der Kritik
 - öffentliche Präsentation der Ergebnisse (Vorträge, Publikationen)
 - Zulassung von Begutachtung, Diskussion, Einwänden, Kritik
 - Gutachten zur Diplomarbeit, Diskussion nach Diplomverteidigung, Begutachtung wissenschaftlicher Artikel nach *peer-review* Prinzip
 - Akzeptanz von und Auseinandersetzung mit sachlicher Kritik

Offene Diskussion und Objektivität

- Objektivität: faktenbasiert, beweisbar
- Intersubjektivität: von mehreren Personen nachvollziehbar
- offene Diskussion mit folgenden Grundsätzen
 - „Ich kann etwas übersehen haben oder mich komplett irren.“
 - Bemühen um gegenseitiges Verständnis
 - Beachtung (scheinbar) kleiner Unterschiede und verschiedener Aspekte
 - Lehrbücher und Koryphäen besitzen fachliche Autorität, aber wissen nicht alles
 - Mehrheits**meinungen** sind irrelevant
 - Diskrepanzen in den Daten gilt es aufzuklären

„In unseren Schulbüchern stehen mehr Dinge, als es zwischen Himmel und Erde gibt.“
Werner Heisenberg (angeblich)

2. Das ist keine Wissenschaft

Die kalte Kernfusion

- Kernfusion:
 - eine Sonne auf Erden – die Lösung aller Energieprobleme
 - allerdings: im Kern der Sonne 15.600.000 K
- 1989 die Sensation durch Stanley Pons & Martin Fleischmann:
 - nukleare Fusion auf elektrochemischen Wege bei 300 K (Pt+Pd-Elektroden plus Deuterium → Tritium)
- Bestätigung (1989) u.a. durch
 - Brookhaven National Laboratory (USA), Texas A&M University, Universität Tokio, Moskau (UdSSR), Indira-Gandhi-Zentrum (Indien), Uni Debrecen (Ungarn), **TU Dresden (DDR)**
- Widerspruch (1989)
 - keine Bestätigung bei empfindlicheren Messapparaturen,
 - fehlgeschlagene Wiederholung durch Pons & Fleischmann vor Zeugen
- Fazit:
 - voreilige Schlüsse durch unkritische Datenanalyse

Die Stammzellenversuche von Hwang Woo-suk

- 2005 die Wissenschaftssensation des Jahres:
 - geklonte menschliche Embryos und Hunde aus abgeleiteten Stammzellen
 - maßgeschneiderte Stammzellenlinien aus den Embryos
 - publiziert im renommierten Wissenschaftsjournal *Science*
- aber:
 - Publikation basierend auf zwei Zelllinien aus normal befruchteten Eizellen ... und zwar nicht von Hwang, sondern im Seouler Miz Medi Hospital
 - menschliche Klone ja, aber kein Beleg für Herstellung von menschlichen embryonalen Stammzellen
 - fast alles gefälscht
(Motiv: Renommee und Förderung)

Patient-Specific Embryonic Stem Cells Derived from Human SCNT Blastocysts

Woo Suk Hwang,^{1,2*} Sung Il Roh,³ Byeong Chun Lee,¹
Sung Keun Kang,¹ Dae Kee Kwon,¹ Sue Kim,¹ Sun Jong Kim,³
Sun Woo Park,¹ Hee Sun Kwon,¹ Chang Kyu Lee,² Jung Bok Lee,³
Jin Mee Kim,³ Curie Ahn,⁴ Sun Ha Paek,⁴ Sang Sik Chang,⁵
Jung Jin Koo,⁵ Hyun Soo Yoon,⁶ Jung Hye Hwang,⁶
Youn Young Hwang,⁶ Ye Soo Park,⁶ Sun Kyung Oh,⁴ Hee Sun Kim,⁴
Jong Hyuk Park,⁷ Shin Yong Moon,⁴ Gerald Schatten^{7*}

Patient-specific, immune-matched human embryonic stem cells (hESCs) are

Die Dissertationen der Guttenbergs und Schavans

- Politiker:
 - Karl-Theodor zu Guttenberg (MdB, BVM)
 - Silvana Koch-Mehrin (MdEP)
 - Annette Schavan (MdB, BMBF)
 - Franziska Giffey (MdB, BMFSFJ)
 - Pál Schmitt (ungar. Präsident)
- Vergehen
 - Fremdautorenschaft
 - ausgereifter Plagiarismus
 - mehrfaches Zitieren ohne Quellenangaben
- Fazit
 - mangelnde Integrität
 - ungenügende Leistung der Gutachter & Betreuer
 - fehlende Kontrolle



[1]



[2]



[3]



[5]



[4]

Was sonst noch passiert

- Falschangaben zur Autorenschaft:
 - Unterschlagung eines Autors (Ghostwriter)
 - Erfundene Ko-Autorenschaft eines bekannten Wissenschaftlers
 - Mitautorenschaft ohne deren Einverständnis
- Sabotage von Forschung
 - zwischen Doktoranden
 - zwischen Arbeitsgruppen
 - institutionsübergreifend
- Beseitigen von Primärdaten
 - aus Blödheit
 - mit Vorsatz

Wissenschaftlichkeit – ¿real oder scheinbar?

- scheinbare Wissenschaften
 - z.B. Astrologie, Homoöopathie, Kreationismus, Rassenlehre
 - oft mit komplexen, ausgefeilten Theoriegebäuden, eigenen Fachbegriffen, methodischen Untersuchungen
 - aber auch: selektive Wahrnehmung und Nutzung der Erkenntnisse anderer Wissenschaften, Diskussion nur innerhalb bestimmter Grenzen, dogmatische Grundsätze, Strategien der verstärkenden Selbstbestätigung, keine Möglichkeit zur Verifizierung
- entstehende neue Wissenschaftsgebiete – ¿echte oder „Pseudowissenschaft“?
 - z.B. Evolutionslehre, Elektromagnetismus, Urknalltheorie, ...

Vorgetäuschte Wissenschaftlichkeit

- voreingenommene wissenschaftliche Studien und Gutachten
 - z.B. nachgewiesen für Tabakindustrie, Glyphosat
 - auch ARTE-*hoax* „Schokolade macht schlank“
- Fehlverhalten der Wissenschaftler:
 - **Unterschlagung** oder **Manipulation** ungünstiger Ergebnisse
 - manipulative Versuchsplanung
 - bezahlte Veröffentlichungen in **fragwürdigen Fachzeitschriften**
 - **Verheimlichung** der Industriefinanzierung
- Strategien der Auftraggeber
 - **Ablenkung** durch Untersuchung randständiger Effekte
 - langfristige Förderung **genehmer Wissenschaftler:innen**
 - **direkte Einflussnahme** auf die Studienberichte

T. Grüning, N. Schönfeld, Vom Teufel bezahlt, *Dtsch. Arztebl.*, 104(12):A770-774, **2017**

E. Bodderas, „Glyphosat vergiftet die Wissenschaft“, *WELT*, 18.03.**2017**

L. Langau, Ein süße Lüge, *Süddtsch. Z.*, 27.05.**2015**; https://www.youtube.com/watch?v=_FlxDQm0TqI

3. Gutes wissenschaftliches Arbeiten

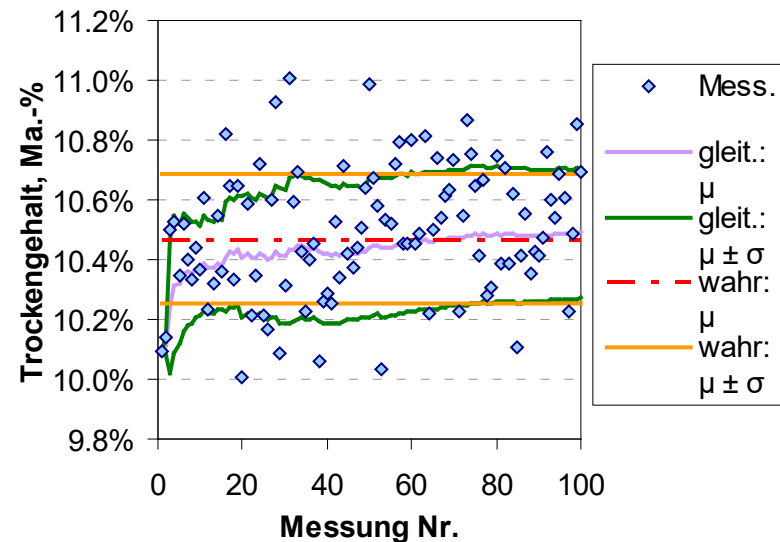
Grundprinzipien guter wissenschaftlicher Praxis

- Arbeite nach den anerkannten Regeln Deiner Disziplin!
 - Beschäftige Dich umfassend mit der Fachliteratur!
 - Nutze die aktuell am besten geeigneten Methoden!
- Dokumentiere alle Ergebnisse nachvollziehbar, nachprüfbar und vollständig!
 - Führe ein Laborbuch o.ä.! Sichere die originalen Messdaten!
 - Publiziere Deine Daten vollständig!
- Zweifle konsequent an all Deinen Ergebnissen!
 - Zweifle, wenn die Ergebnisse zur Erwartungshaltung passen! Und wenn sie nicht passen! Entwickle und nutze Plausibilitätskriterien!
 - Führe eine ernst gemeinte Fehlerdiskussion!
- Sei ehrlich in Bezug auf die Beiträge anderer an Deinen Ergebnissen!
 - „andere“, d.h. Vorgänger, Partner, Kollegen, Konkurrenten, Untergebene
 - Unterschlage keinen Beitrag! Erfinde keinen Beitrag (Ehrenautorenschaft)!
- Halte Dich in Deiner Arbeit an ethische Standards!
 - ethische Standards des gesamten Gemeinwesens (z.B. zu Tierversuchen) oder der Institution (z.B. zu Militärforschung)

4. Zwei typische Situationen

Ausreißer: Trockengehalt von Farbsuspensionen

- Analytisches Problem
 - Stoffsystem: Farbpaste
 - Zielgröße: Feststoffgehalt in Ma.-%
 - Messtechnik: Thermowaage
- Messergebnisse:
 - 1. Messung: 10.09 Ma.-%
 - 2. Messung: 10.14 Ma.-%
 - 3. Messung: 10.50 Ma.-%
→ **Identifiziere den Ausreißer!**
 - 4. Messung: 10.53 Ma.-%
 - 5. Messung: 10.35 Ma.-%
→ **Identifiziere den Ausreißer noch einmal!**



Versuchsplanung

- aus Literatur (Experiment 1):
 - Objekt O bei Bedingung X → Eigenschaft/Verhalten A
(TiO₂-Suspension bei pH 4 → Stabilitätsfaktor 1000)
- neue Frage (Experiment 2):
 - Objekt O bei Bedingung Y → Eigenschaft/Verhalten B
(TiO₂-Suspension bei pH 9 → Stabilitätsfaktor = ???)
- Herangehen 1
 - Lies Literatur zu Experiment 1
 - Gestalte Experiment 2
 - Vergleiche B (Messung) mit A (Literatur)
 - ¿können wir Literatur zum Vergleich heranziehen?
 - ¿sind wir berechtigt, Literaturwerte anzuzweifeln?
- Herangehen 2
 - Lies Literatur zu Experiment 1
 - Gestalte Experiment 1 und Experimente 2
 - Vergleiche A (Messung) mit A (Literatur) und danach: B (Messung) mit A (Messung)
 - ¿sollen wir Zeit/Ressourcen für Wiederholungen von Exp. verschwenden?
 - ¿ Was machen wir, wenn Zeit & Ressourcen für eine WH von Experiment 1 fehlen?
 - ¿ Sind denn Unterschiede beim Reproduzieren von Experimenten zu erwarten?

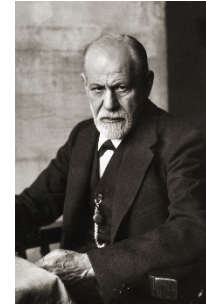
5. Aspekte wissenschaftlichen Denkens

Realität – Theorie – Modell

- **Realität:**
So ist die Welt.
Farbton eines kristallinen organischen Pigmentes schwankt chargenabhängig.
- **Theorie:**
Durch Überlegen gefundene Erklärung der Welt. Ausgehend von Hypothesen.
Qualität wird durch Prozessparameter A & B und Reinheit der Ausgangsstoffe beeinflusst.
- **Modell:**
Vereinfachtes Abbild der Welt zur Erfüllung definierter Aufgaben.
- **analytisches Modell:**
Prädiktive Beschreibung der Welt basierend auf Theorien und akzeptierten Zusammenhängen.
Quantitative Vorhersage des Farbtones aus Wissen um Nebenreaktionen und deren Prozessabhängigkeit.
- **empirisches = datenbasiertes Modell:**
Beschreibung der Welt basierend auf verifizierten Messdaten.
Messen, messen, messen. Empirisch-statistische Modellbildung (*big data*).

Unschärfe - Wir können nicht alles erkennen

- Sigmund Freud (1856-1939):
Psyche: Wir sind bestimmt vom Unterbewusstsein.
- Werner Heisenberg (1901-1976):
Quantenphysik: Ort und Impuls können nie zugleich exakt bestimmt werden.
- Kurt Gödel (1906-1978):
Mathematik: Formale Systeme sind nie zugleich vollständig und widerspruchsfrei.
- Auch für Ingenieure?
 - Bei Messungen greifen wir meist in die Stoffsysteme ein.
 - Umfangreiche Regelwerke sind nie perfekt.
 - Nicht alle Details lassen sich erkennen.



[1]



[2]



[3]



Holistischer und reduktionistischer Ansatz

H: Das Ganze ist mehr als die Summe der Einzelteile.

→ Verliere Dich nicht in Details, sonst erkennst Du nicht die Zusammenhänge!

R: Ein System ist nur aus seinen Einzelteilen erklärbar.

→ Achte auf die Details, sonst kannst Du die Welt nicht verstehen!



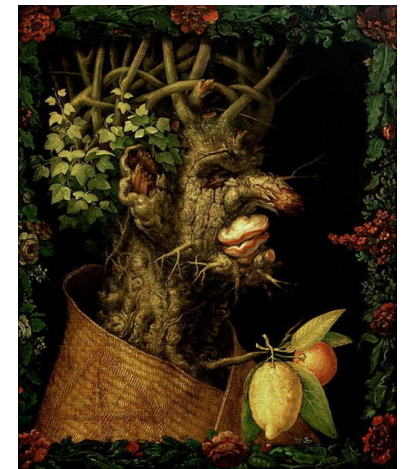
Frühling



Sommer



Herbst



Winter

Giuseppe Arcimboldo (1526-1593)

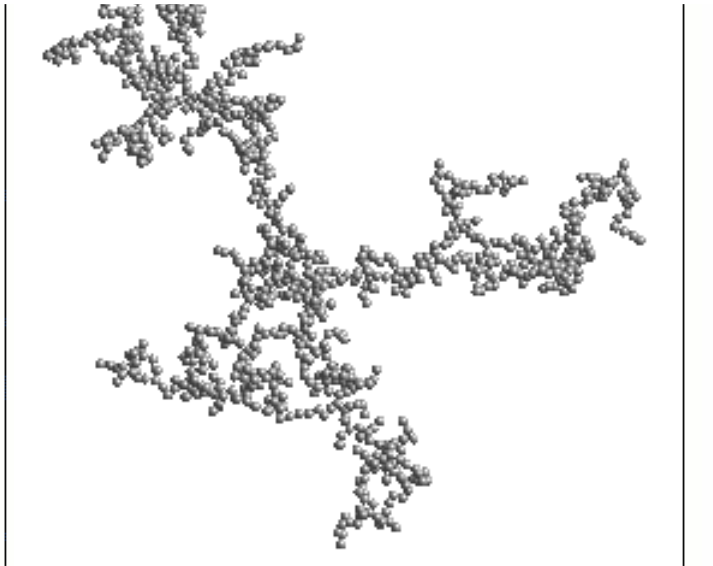


Determinismus und Zufall

- deterministische Prozesse
 - = Ergebnis aus Anfangs- und Randbedingungen vorhersagbar
 - Bewegung im Schwerfeld
 - Druckverlust im turbulent durchströmten Rohr
 - diffusiver Stofftransport
 - Klimawandel
 - van-der-Waals-Wechselwirkung zwischen 2 Partikeln
- stochastische Prozesse = Ergebnis von Zufallsvariablen abhängig
 - Aufenthaltsort eines Elektrons im Molekül
 - Wetterentwicklung für das nächste Jahr
 - Brownsche Bewegung
 - Wirbelbewegung
- oft führen stochastische Mikroprozesse
 - zu deterministischem Verhalten des Gesamtsystems
 - zumindest zu bekannten Eigenschaftsverteilungen

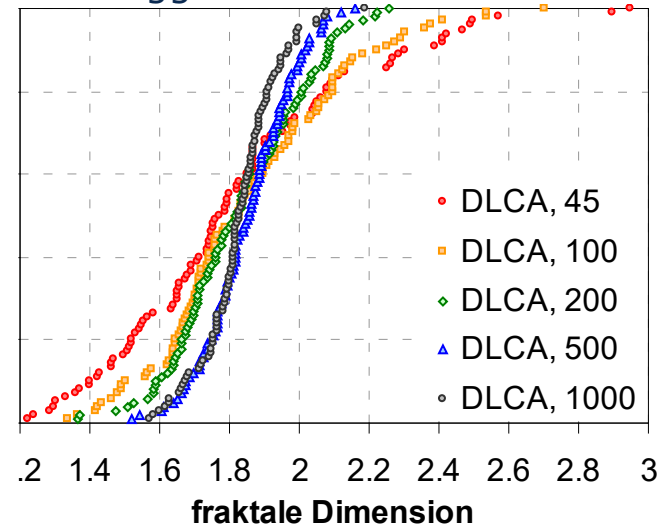
Beispiel diffusionslimitierte Partikelaggregation

- 1000 diffundierende Partikel in einer Box
- Agglomeration sofort bei Kollision



DLCA-Agglomerat aus 1000 Partikel

reproduzierbare Verteilung der **fraktalen Dimension** als Maß der Agglomeratstruktur



DLCA Mittelwert von $d_f = 1,8$

6. Statt einer Zusammenfassung

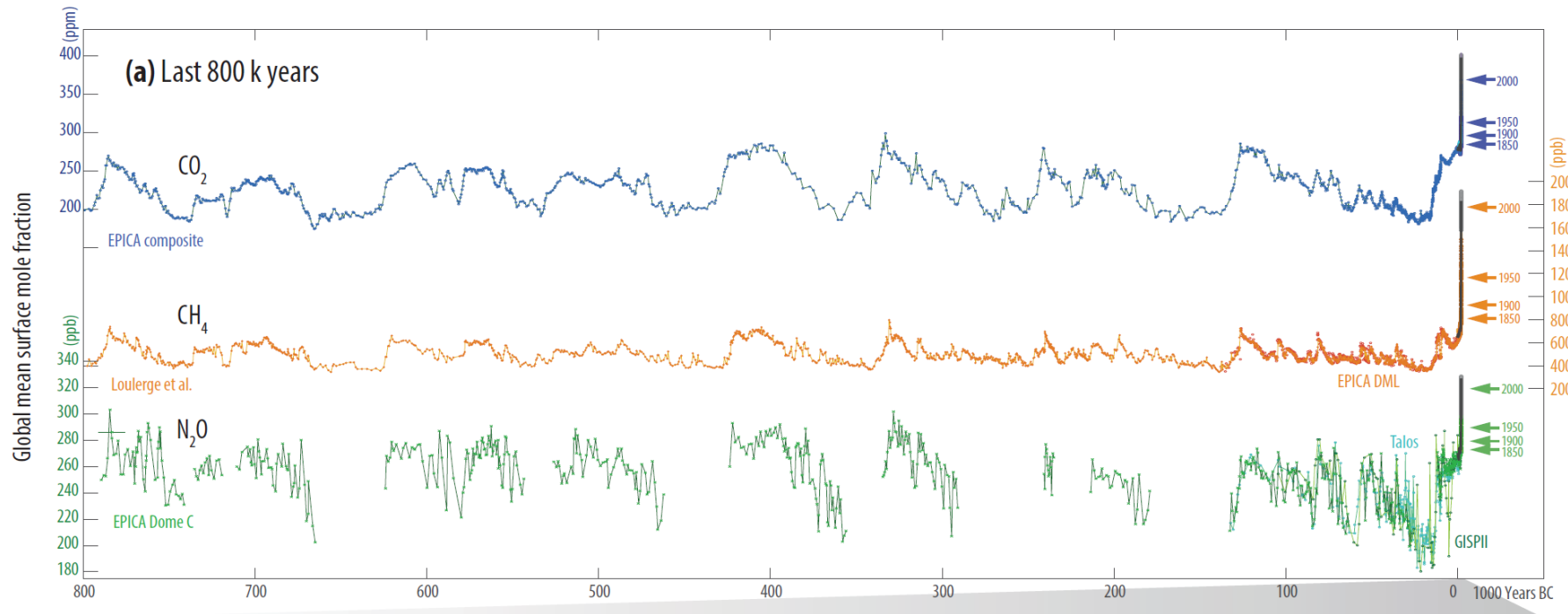


Die Empfehlung von Richard Feynman



- Wahre Deine Integrität!
- Dokumentiere alles, das den Wert in Frage stellen könnte! Nicht nur die Fakten, die deinen Erwartungen entsprechen!
- Zeige alle Indizien, auch jene, die Deiner Erwartung/Theorie widersprechen!
- Überlasse die Prüfung und Beurteilung Deiner Theorie anderen!
- Sei ehrlich zu Dir selbst!

Und der Klimawandel?



Meinshausen et al., *Geosci. Model Dev.*, 10:2057-2116, **2017**; doi:10.5194/gmd-10-2057-2017



ANHÄNGE

Bildquellen – Folie 17

- [1] CC-BY 2.0 DE, *unbekannt* 2006,
https://de.wikipedia.org/wiki/Karl-Theodor_zu_Guttenberg#/media/Datei:Guttenberg-800.jpg
- [2] CC-BY-3.0, Ralf Roletschek 2014;
https://de.wikipedia.org/wiki/Silvana_Koch-Mehrin#/media/Datei:14-02-05-strasbourg-RalfR-009.jpg
- [3] CC-BY-SA 3.0 DE, Laurence Chaperon 2013;
https://de.wikipedia.org/wiki/Annette_Schavan#/media/Datei:Annette_Schavan_Portrait_2013.jpg
- [4] CC-BY-SA 4.0, Sandro Halank 2021;
https://de.wikipedia.org/wiki/Franziska_Giffey#/media/Datei:2021-09-26_Abgeordnetenhauswahlabend_SPD_Berlin_by_Sandro_Halank%E2%80%9393030.jpg
- [5] CC-BY 2.0, Európa Pont 2011;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SchmittPal-2011-01_EuropaPont.jpg

Bildquellen – Folien 28 und 33

Folie 28:

- [1] Copyright erloschen, Ferdinand Schmutzer 1926,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sigmund_Freud_1926.jpg

- [2] CC-BY-SA 3.0, *unbekannt*;
https://de.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg#/media/Datei:Bundesarchiv_Bild183-R57262

- [3] Copyright erloschen, *unbekannt*;
https://de.wikipedia.org/wiki/Kurt_G%C3%B6del#/media/Datei:1925_kurt_g%C3%B6del.png

Folie 33:

- [1] CC-BY-SA 3.0, Tamiko Thiel 1984,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RichardFeynman-PaineMansionWoods1984_copyrightTamikoThiel_bw.jpg



Bildquellen – Folie 29

[1] *public domain*

https://de.wikipedia.org/wiki/Giuseppe_Arcimboldo#/media/Datei:Giuseppe_Arcimboldi_001.jpg

[2] *public domain*

https://de.wikipedia.org/wiki/Giuseppe_Arcimboldo#/media/Datei:Giuseppe_Arcimboldo_-_Summer,_1573.jpg

[3] *public domain*

https://de.wikipedia.org/wiki/Giuseppe_Arcimboldo#/media/Datei:Giuseppe_Arcimboldo_-_Autumn,_1573.jpg

[4] *public domain*

https://de.wikipedia.org/wiki/Giuseppe_Arcimboldo#/media/Datei:Giuseppe_Arcimboldo_-_Winter,_1573.jpg

Alle Bilder der Serie von 1573 befinden sich heute im Louvre (Paris/F).