

Klimawandel

Nachgerechnet 1

Prof. Dr.-Ing. G. Schuller
Technische Universität Ilmenau
Institut für Medientechnologie

Vorstellung

- Ich bin Gerald Schuller, Professor in der Medientechnologie der TU Ilmenau
- Fachgebietsleiter für das Fachgebiet “Angewandte Mediensysteme”
- Im Kommenden werden eine Reihe von Videos gezeigt, die sich beschäftigen mit:
 - Dem Nachrechnen von Klimawandel
 - Möglichen Lösungsansätze aufgrund der gezeigten Zahlen
 - Dem Aufzeigen von Medientechnologische Ansätze und Techniken
 - Und es soll Anregungen zum selber nachrechnen geben.

Einführung

- Klimawandel ist in aller Munde und ein drängendes Problem
- Die neuen medientechnologische Möglichkeiten, wie das Internet und Social Media, führen leicht zu Verwirrung und Desinformation
- Aber sie bieten auch neue Möglichkeiten, Information zu überprüfen und nachzurechnen.
- Dies ist wesentlich in Zeiten der ungefilterten Masseninformaton.
- Dies soll im Folgenden gezeigt werden.

Zahlen und Nachrechnen

- Zahlen und Nachrechnen helfen zur Orientierung.
- Zahlen sind überprüfbar (reproducible research) und vergleichbar,
- Referenzen sind wichtig für die Überprüfbarkeit.
- Das Internet bietet mit “**Open Data**” neue Möglichkeiten dafür.
- Oft reichen grobe Schätzungen der **Größenordnung** aus, mit Beschränkung auf die **wesentlichen Effekte**, um etwas auf Plausibilität zu überprüfen.
- Eine Größenordnung bedeutet dass das Dezimalkomma an der richtigen Stelle ist, also eine Genauigkeit besser als Faktor 10.
- Ggf. genauer

Unsere Werkzeuge

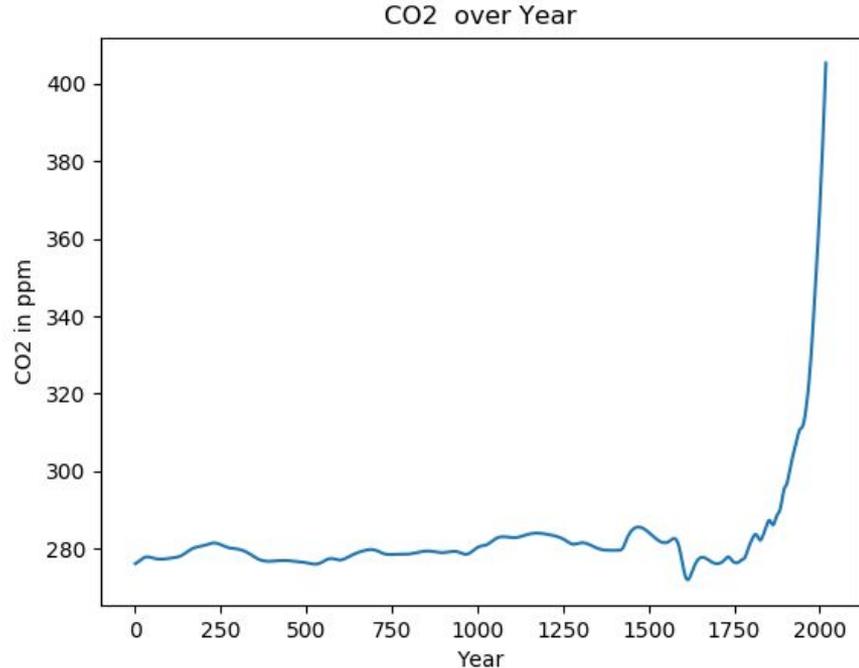
- Mathematik,
- Physik (9. oder 10. Klasse),
- Ingenieurwissenschaften,
- die Programmiersprache Python unter Linux (aber ein normaler wissenschaftlicher Taschenrechner tut es meistens auch),
- Allgemein Methoden und Werkzeuge der Medientechnologie,
- Open Data

Problembeschreibung:

- **Referenzen, Links:**
- <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- **Weitere Referenz zum Vergleich:** CO2 Messwerte aus weiteren Quellen, aus Thüringen:
- https://www.thueringen.de/mam/th8/klimaagentur/co2_bericht_stand_2015.pdf
- Als downloadable csv Datei vom Jahr 1 an:
- http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/icecore_merged_products

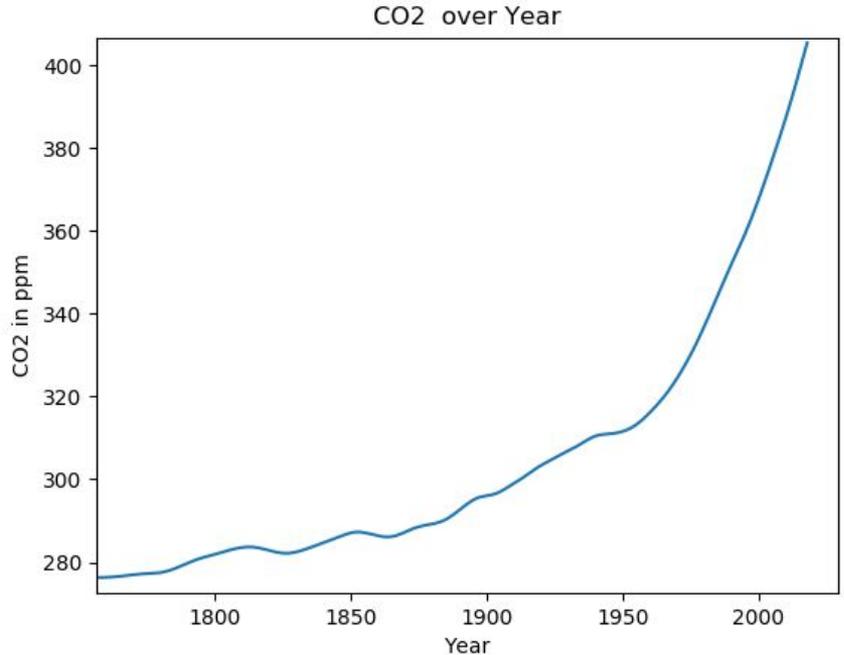
CO2 Konzentration seit dem Jahr 0

- Wir können die Daten aus dem csv File des letzten Links in ein Python Programm einlesen und plotten. In einer Terminal Shell tippen wir:
- `python3 co2plot.py`
- Hier sehen wir genauer den neuzeitlichen CO2 Anstieg.



CO2 seit dem Jahr 1750

- Wir können hier weiter hineinzoomen, um den Zeitraum von 1750 bis heute genauer zu sehen.
- Ca. 1910 haben wir die 300 ppm Marke überschritten
- Ca. 1944 haben wir die 310 ppm Marke überschritten
- Ca. 2016 die 400 ppm Marke.



Eiszeiten und CO2

- Eiszeiten und CO2, für den Zeitraum von 650000-0:
- https://de.wikipedia.org/wiki/Kaltzeit#/media/Datei:Atmospheric_CO2_with_glaciers_cycles.png
- **Beachte:** Während Eiszeiten (Kaltzeiten) ist die CO2 Konzentration ca. **200ppm** (nach Volumen) CO2 , während Warmzeiten ca. **280ppm**

Beobachtung

- Ein über Jahrtausenden dauerndes Gleichgewicht,
- CO₂ Produktion durch Lebewesen, an Luft verwesende Pflanzen, und Vulkanen,
- CO₂ Abbau durch Pflanzen und Verwitterung von Gebirgen.
- Die zu sehenden ca. 100000 Jährigen “Schwingungen” des CO₂ der Kalt- und Warmzeiten sollen aus entsprechenden “Schwingungen” der Erdumlaufbahn von Meeresströmungen kommen, die mal mehr und mal weniger Meerespflanzen wie Algen an die Oberfläche bringen und der Luft entsprechend mehr oder weniger CO₂ entziehen.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Eiszeitalter>

Problembeschreibung

- **Wir sehen:** Während Eiszeiten (Kaltzeiten) ist die CO₂ Konzentration ca. **200ppm** (nach Volumen) CO₂ , während Warmzeiten ca. **280 ppm**
- Seit ca. 1950 beobachten wir einen **starken Anstieg**
- Momentan (2019) ist die CO₂ Konzentration ca. **410 ppm, ca. 50% über dem historischen Wert für Warmzeiten!**
- Und **größer als der Unterschied zwischen Kalt- und Warmzeiten!**
- Der Anstieg ist auch **schneller** als je zuvor.
- **Frage:** Was **bedeutet** der neuzeitliche CO₂ Anstieg, was ist die **Ursache** und was sind die **Folgen?**

PPM, Parts Per Million

- “Ppm” steht für ein Verhältnis als “**Parts per Million**” oder 10^{-6} (https://de.wikipedia.org/wiki/Parts_per_million).
- Zum Vergleich: “Promille” steht für “**Tausendstel**”, oder 10^{-3} .
- Wir können also umrechnen: **400 ppm** = $400 \cdot 10^{-6} = 0.4 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0.4 \text{ Promille}}$.
- Das klingt wenig, wenn man es sich aber als **Blut-Alkohol** Level vorstellt sieht man dass es trotzdem **signifikant** sein kann (dieser Level reicht für Fahruntüchtigkeit). (<https://de.wikipedia.org/wiki/Blutalkoholkonzentration>)
- Das Verhältnis kann sich auf **Volumen** (meist bei Gasen, wie CO₂) oder **Massen** beziehen.

Frage: Was hat sich in der Neuzeit Verändert?

- Seit vielen Jahrtausenden nutzte die Menschheit das Verbrennen von **Holz** als **Haupt-Energielieferant**. Das dabei freigesetzte CO₂ wurde nur Jahrzehnte vorher durch das Wachstum der Bäume aus der Atmosphäre entzogen.
- Aber seit der Industrialisierung, und im besonderen Maße seit den 1950er Jahren durch Massenproduktion und Massenmobilität, ist **Kohle und Öl** der Haupt-Energielieferant, **fossile** Energieträger.

Frage: Was hat sich in der Neuzeit Verändert?

- Das dabei freigesetzte CO₂ wurde im Erdzeitalter des Carbon der Atmosphäre entzogen (<https://de.wikipedia.org/wiki/Karbon>)
- Das war vor ca. **300 Millionen Jahren** und über einen Zeitraum von ca. 60 Millionen Jahren.
- Aus dem Zeitalter stammen die Pflanzen, aus denen sich über Jahrmillionen die Kohle und das Öl gebildet hat.
- Das ist noch vor dem Zeitalter der Dinosaurier

Frage: Was hat sich in der Neuzeit Verändert?

- Das was wir mit der Verbrennung von Kohle und Öl machen ist ähnlich zum Film “Jurassic Park”, nur dass wir nicht die Dinosaurier zurück bringen, sondern das CO₂ von vor deren Zeitalter.
- Dies wurde über einen Zeitraum von ca. **60 Millionen Jahren** aus der Atmosphäre entzogen,
- wir setzen es innerhalb von nur ein **paar Jahrhunderten** in der Gegenwart wieder frei.

Frage: Reicht menschliche Aktivität aus um den CO2 Anstieg zu erklären?

- Antwort durch Nachrechnen und Nutzung von Open Data.
- Beachte die Schreibweise von floating point Zahlen, z.B. $2000=2*10^3= 2e3$ (auch in Python)
- Gesamte fossile CO2 Emissionen Weltweit seit 1960:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/>

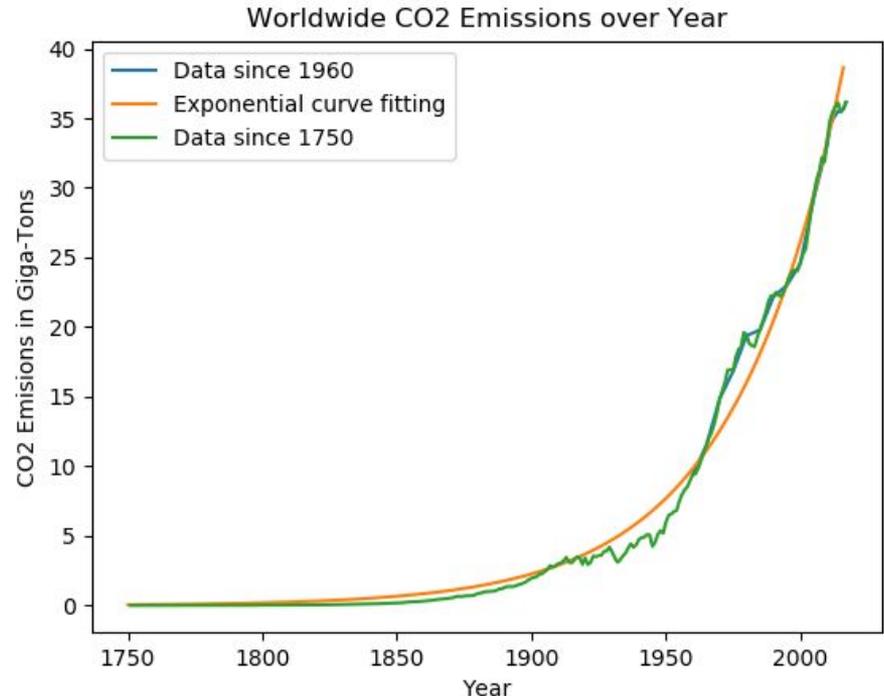
- Fossile CO2 Emissionen seit 1750:
- <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- (weiter unten, CO2 Emissions by Fuel Type)

Data Science

- Wir können die Daten von den Webseiten herunter laden
- Konvertieren zum “Comma Separated Variable” (csv) Format
- Und in einem Python Programm einlesen.
- Dieses Programm plotted die beiden Datensätze übereinander
- Passt eine Exponential-Funktion daran an, zur Approximation
- Und berechnet die Gesamtsumme der tatsächlichen CO2 Emissionen seit 1750 zu
- **1580 Giga-Tonnen!** (Giga= 10^9)
- Ausführen im Terminal mit: `python3 CO2global_twinplot.py`

Plot der Weltweiten CO2 Emissionen seit 1750

- Der weltweite CO2 Ausstoß lässt sich durch eine **Exponentialfunktion** beschreiben:
- $y = np.exp((x-1866.5)/40.9)$
- Seit 2016 beobachten wir wieder einen Anstieg der fossilen CO2 Emissionen nach einer Abflachung ca. ab 2012
- Die Summe seit 1750 wird vom Programm berechnet: **1580 Giga Tonnen.**



Berechnung der Konzentration

- Aus dieser Masse der CO₂ Emissionen lässt sich der dadurch verursachte **Anstieg der Konzentration** berechnen, wenn man sie in **Verhältnis** zur Masse der gesamten Erdatmosphäre setzt.
- Wir nutzen wieder Open Data: Gesamte Masse der Erdatmosphäre:
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Erdatmosph%C3%A4re>
- Die Atmosphäre weist eine Masse von etwa $5.15 \cdot 10^{18}$ kg auf, das ist $5.15 \cdot 10^{15}$ Tonnen oder **$5.15 \cdot 10^6$ Giga Tonnen**.

Berechnung der Konzentration

- Die Konzentration des von der Menschheit seit der Industrialisierung ausgestoßenen CO₂ daran wäre also:
- CO₂ Masse / Atmosphären-Masse:
- In Python:
- $1580 \text{ Giga Tons} / 5.15e6 \text{ Giga Tons} = 1580/5.15e6 = 0.000306 = 306e-6 =$
306ppm (für die Masse)
- Da es ein Gas ist müssen wir es in Volumen ppm umrechnen:
- Nach https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide hat CO₂ eine ca. 1.6 fach höhere Dichte als Luft, es nimmt also weniger Volumen ein. Daher müssen wir für die Umrechnung durch diesen Faktor teilen:
- $306\text{ppm (Masse)}/1.6 =$ **191 ppm (Volumen)**

Berechnung der Konzentration

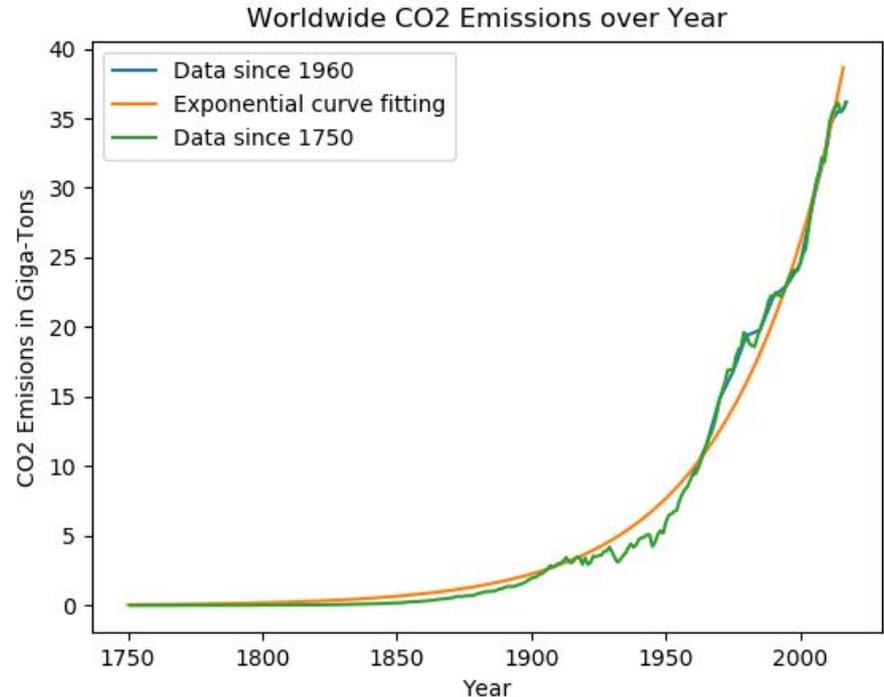
- Wenn wir diese Konzentration auf den Vorindustriellen Wert von ca. 280ppm addieren, erhalten wir:
- $280\text{ppm} + 190\text{ppm} = 470\text{ppm}$
- Dies ist ca. **60ppm mehr** als wir beobachten (410ppm).
- Die menschliche Aktivität ist also zu **mehr als 100% verantwortlich** für den beobachteten Anstieg des CO₂!
- Dies ist eine **überraschend deutliche** Antwort.
- Dieser zusätzliche Anteil von 60ppm könnte von der Natur (z.B. Ozeane, was sie mehr sauer macht, und Wälder) als Teil eines langsamen Regelkreises absorbiert worden sein

Der Ausstoss für keinen weiteren Anstieg

- Nehmen wir an dieser Regelkreis der Natur ist seit dem deutlichen Anstieg des CO₂ ab ca. 1950 aktiv, also seit ca. 70 Jahren
- Dann haben wir einen jährlichen CO₂ Abbau von
- 60ppm/70 Jahre = **0.85ppm pro Jahr**
- Zurückgerechnet auf die Massen an CO₂ pro Jahr ist dies:
- Ppm (Volumen)*1.6* Masse der Erdatmosphäre=
- =0.85e-6*1.6* 5.15e6 Giga Tonnen= **7 Giga Tonnen**
- In unserem Python Plot sehen wir dass dies in etwa dem **Ausstoß von 1950** entspricht.
- Mit diesem Wert hätten wir keinen weiteren Anstieg der CO₂ Konzentration.

Der Ausstoss für keinen weiteren Anstieg

- Ein jährlicher CO₂ Ausstoß von 7 Gigatonnen CO₂ entspricht etwa dem Ausstoß von 1950



Abbauzeit

- Angenommen wir würden den fossilen CO₂ Ausstoss Wert auf **Null** verringern, dann können wir die Zeit abschätzen, die es braucht bis die CO₂ Konzentration wieder den vorindustriellen Wert von 280ppm erreicht.
- Nehmen wir einen **linearen** Abbau an, mit einem festen Abbau-Wert von 0.85 ppm pro Jahr
- Dann ist die Abbauzeit unsere Erhöhung des CO₂ geteilt durch den Abbau-Wert::
- $(410-280)\text{ppm}/(0.85\text{ppm/Jahr})$, ca. **150** Jahre.
- Man beachte aber dass dies eine Schätzung für den **linearen** Abbau darstellt. Ein exponentieller Abbau, mit festem Prozentsatz jedes Jahr, ist wahrscheinlich realistischer und genauer.

Abbauzeit

- Zum Vergleich:
<https://www.theguardian.com/environment/2012/jan/16/greenhouse-gases-re-main-air>
- “Between 65% and 80% of CO₂ released into the air dissolves into the ocean over a period of 20–200 years”
- “The rest is removed by slower processes that take up to several hundreds of thousands of years, including chemical weathering and rock formation.”
- Unsere grobe Abschätzung hat also wieder eine gute Übereinstimmung.

Fazit

- Nur um die CO₂ Konzentration **nicht weiter zu erhöhen**, müssten wir den jährlichen **fossilen CO₂ Ausstoss also auf den Wert von ca. 7 Giga Tonnen, den Wert von 1950 reduzieren!**
- Unser Plot zeigt auch: Gegenwärtig sind wir bei ca. **35 Giga Tonnen, ca. fünf mal der Wert von 1950!**
- Das heißt eine **Verringerung um $(35-7)/35 \cdot 100 = 80$ Prozent!**
- Dies nur um die atmosphärische CO₂ Konzentration nicht weiter ansteigen zu lassen.
- Wenn wir sie verringern wollen, müssen wir unseren Ausstoß von CO₂ sogar noch **weiter verringern!**

Fazit

- Für die Reduktion um 80% reicht Energie **sparen nicht mehr aus**
- -> Wir dürfen **kaum noch fossile Energieträger verbrennen**
- Stattdessen praktisch **komplett auf erneuerbare Energien** umstellen.
- Es reicht nicht aus nur die größten Verbraucher umzustellen
- Alle müssen mitmachen, alle Länder, ob groß oder klein, und alle Sektoren, ob Verkehr oder Industrie oder Haushalte.
- Um die CO₂ Abbaufähigkeit der Natur (die 0.85 ppm pro Jahr) zu erhalten oder zu stärken, müssen wir Ozeane und Wälder schützen und aufforsten.

Nächstes Video

- Wir beantworten die Frage: Beeinflusst die CO₂ Konzentration die globale Temperatur?