

ANSTIEG DES MEERESSPIEGELS. TEIL II

Die folgenden Ausführungen dienen der Korrektur und Aktualisierung meiner früheren Einschätzungen zum Meeresspiegelanstieg [1] und zur globalen Temperaturentwicklung [2]. Die damaligen Aussagen basierten auf den zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Messdaten, die nur begrenzte Prognosen zuließen. Mit den inzwischen vorliegenden Datenreihen lässt sich der Verlauf deutlich präziser beschreiben. Einige meiner früheren Annahmen erweisen sich als zu pessimistisch, während andere Entwicklungen langsamer verlaufen als damals absehbar. Diese Neubewertung ist Teil wissenschaftlicher Redlichkeit und soll zur Versachlichung der Diskussion beitragen.

Die ersten Aufzeichnungen zum Anstieg des Meeresspiegels für den Zeitraum von 1850 bis 1900 und zwischen 1900 bis 1990 lassen sich nur rekonstruieren. Die Arbeit von Church und White [3] enthält die global gemittelte Rekonstruktion ab 1880, die wir für den gesamten Zeitraum von 1880 bis 1990 verwendet haben. Eine frühere Version derselben Autoren [4] wird ebenfalls oft zitiert. Basierend auf Church und White einschließlich einiger Ergänzungen liefert die NOAA-Reihe die verlängerte Rekonstruktion ab 1850. Diese haben wir für den Zeitraum bis 1880 verwendet.

Zwischen 1850 und 1900 stieg der Meeresspiegel um ca. 11 cm, aber langsam und fast linear. Ab 1920 beginnt eine Beschleunigung, die seit 1960 deutlicher wird. Modernisierte Rekonstruktionen [5] [6] bestätigen die Trends von Church & White, korrigieren aber vertikale Landbewegungen und verbessern somit die regionale Konsistenz.

Mit den Satellitenmessungen zwischen 1993 und 2023 [7] beginnt die präziseste Aufzeichnungsphase. Die Topex/Poseidon- und ihre Nachfolgemissionen Jason-1, 2 und 3 konnten zwischen 1992 und 2017 einen Meeresspiegelanstieg von durchschnittlich 7 cm nachweisen. Cazenave & Moreira [8] bestätigten eine Beschleunigung in den letzten Jahren zwischen 4,5 und 4,8 mm/Jahr. Seit 1993 ist der beschleunigte Anstieg mathematisch eindeutig nachweisbar und passt sehr gut zu einem exponentiellen Modell, das der Autor bereits in einer Arbeit aus 2018 vorgestellt hat [9]. Der IPCC fasst alle oben genannten Datensätze zusammen und liefert die folgenden offiziellen Werte [10]:

- 20 cm Anstieg 1901–2018
- Beschleunigung seit 1970
- 4.62 mm/Jahr 2013–2022

Wenn man den Meeresspiegel von 1850 um 11 cm unter dem Nullwert von 1900 ansetzt und von 1900 bis zum Jahr 2024 einen Anstieg um 38 cm hinzufügt, ergibt sich zwischen 1850 und 2024 ein Gesamtanstieg von ungefähr 49 cm. Das liegt exakt im Bereich der IPCC-Synthese, i.e. 40–55 cm seit 1850.

Die unabhängige Rekonstruktion von Dangendorf et al. [11] bestätigt eine Beschleunigung seit 1960. Die Daten zeigen, dass der Anstieg von 1850 bis 1900 quasi linear erfolgte, zwischen 1900 und 1960 schwach beschleunigt, zwischen 1960 und 1993 deutlich beschleunigt und zwischen 1993 und 2023 fast perfekt exponentiell. Mathematisch passt ab ca. 1960 ein empirisches Modell der Form [12]

$$T = T_1 + \lambda \ln \frac{c}{c_1},$$

welches wir hier durchgängig verwendet haben. Dabei ist $T_1 = 288 \text{ K}$ die vorindustrielle mittlere Erdtemperatur bei einer Konzentration $c_1 = 0,000280 = 280 \text{ ppm}$. Eisbohrkernmessungen gelten generell als repräsentativ für die Zeit vor der Industrialisierung, d.h. für das Klima zwischen 1550 und 1850 [13].

In Abb. 1 ist die Zunahme der absoluten Temperatur T als Funktion der Kohlendioxidkonzentration c dargestellt; sie folgt von Anfang an einer logarithmischen Abhängigkeit. Somit ergibt sich der relative Temperaturanstieg gegenüber dem vorindustriellen Wert aus der Gleichung

$$\Delta T = T - T_1 = \lambda \ln \frac{c}{c_1}.$$

Dabei ist $c = 0,000427 = 427 \text{ ppm}$ die heutige Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre. Aktuelle Messungen der NOAA-Stationen (Mauna Loa, Barrow, South Pole etc.) vom Januar 2026 zeigen genau diesen Wert. Mithin liegt die heutige Konzentration rund 150 ppm über dem vorindustriellen Niveau. Die globale Mitteltemperatur lag in der vorindustriellen Zeit (1850–1900) bei etwa $13,7^\circ\text{C}$. Nach heutigem Stand (2025) liegt sie bei rund $15,1$ bis $15,2^\circ\text{C}$. Die Erwärmung ΔT beträgt damit seit 1850 mindestens $+1,4^\circ\text{C}$, woraus sich eine absolute Temperatur von

$$T = T_1 + \Delta T = 288 \text{ K} + 1,4 \text{ K} = 289,4 \text{ K}$$

ergibt. Durch Auflösung der Gleichung

$$\Delta T = \lambda \ln \frac{c}{c_1} = \lambda \ln \frac{427}{280} = 1,4 \text{ K}$$

nach λ folgt für die Konstante ein Wert von

$$\lambda = \frac{1,4 \text{ K}}{\ln \frac{427}{280}} = 3,318 \text{ K}.$$

Für jede beliebige zukünftige Kohlendioxidkonzentration kann man daher mittels des im Anhang beigegeführten Programms die Formel

$$T = T_1 + \lambda \ln \frac{c}{c_1} = 288 \text{ K} + 3,318 \text{ K} \cdot \ln \frac{c}{280 \text{ ppm}}$$

als Berechnungsgrundlage verwenden. Sie gilt nicht für eine völlig kohlendioxidfreie Atmosphäre mit einer Grenztemperatur von $T_0 = 255 \text{ K}$ bei einer Konzentration von $c_0 = 0$, da der Logarithmus von null gegen minus unendlich geht. In unserer Arbeit wurde daher als kleinster Wert eine Konzentration von $c_{\min} = 0,000040 = 40 \text{ ppm}$ festgelegt. Somit sind bei einer Verdoppelung des vorindustriellen Werts auf $c_2 = 2c_0 = 560 \text{ ppm}$ etwa $2,3 \text{ K}$ zu erwarten, bei einer Verdreifachung auf $c_3 = 3c_0 = 780 \text{ ppm}$ rund $3,65 \text{ K}$ und bei einer Vervierfachung mit $c_4 = 4c_0 = 1120 \text{ ppm}$ etwa $4,6 \text{ K}$. Bereits bei einer Erwärmung um nur 3 Grad ist jedoch ein Leben, wie wir es bisher gewohnt waren, nicht mehr möglich. Die kritische Konzentration, die also niemals überschritten werden darf, liegt somit bei

$$c_{\text{crit}} = c_1 \exp \frac{\Delta T}{\lambda} = 280 \text{ ppm} \cdot \exp \frac{3}{3,318} = 691 \text{ ppm}$$

oder noch besser – wesentlich darunter. Kommen wir nun zu dem daraus zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels.

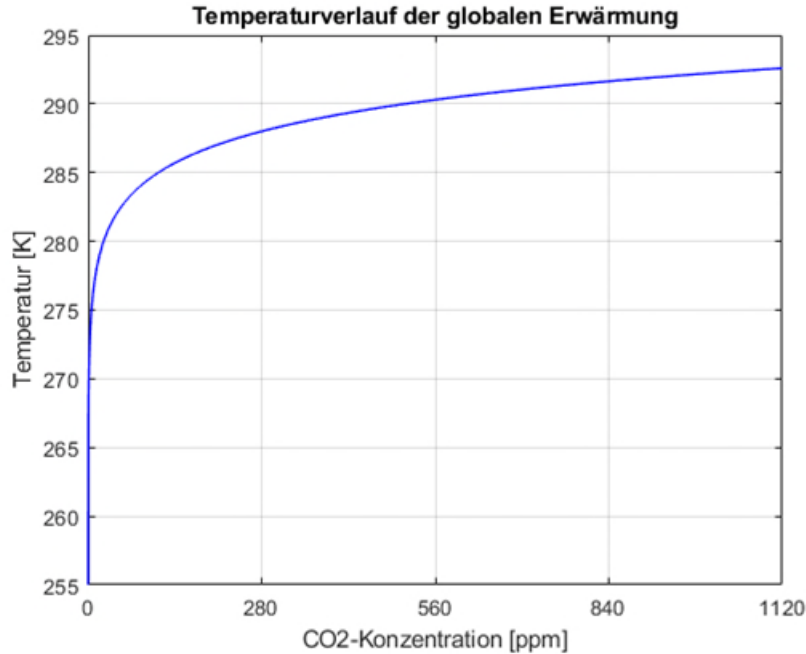


Abbildung 1. Globale Erwärmung bis zu einem Anstieg der vorindustriellen CO₂-Konzentration auf das 4fache

Aus dem bekannten Verhältnis der Eckdaten kann nach dem Dreisatzprinzip für jede gegebene Δx_i -Differenz eine beliebige Δy_i -Differenz

$$y_i - y_1 = \frac{y_n - y_1}{x_n - x_1} (x_i - x_1)$$

berechnet werden. Nehmen wir auf beiden Seiten die Exponentialfunktion,

$$\exp(y_i - y_1) = \exp\left(\frac{y_n - y_1}{x_n - x_1} (x_i - x_1)\right)$$

bzw.

$$\exp(y_i) = \exp(y_1) \exp\left(\frac{y_n - y_1}{x_n - x_1} (x_i - x_1)\right),$$

folgt mit der Variablentransformation $y_i = \ln h_i$ und $x_i = t_i$ sowie der mittleren Änderungsrate

$$\gamma = \frac{y_n - y_1}{x_n - x_1} = \frac{\ln h_i - \ln h_1}{x_i - x_1} = \frac{1}{t_i - t_1} \ln \frac{h_i}{h_1}$$

ein exponentieller Anstieg des Meeresspiegels, falls alle Punkte (x_i, y_i) auf einer Geraden liegen. Das ist mit $h_1 = \exp y_1 = \exp(a + \gamma t_1)$ auch näherungsweise der Fall ist, wenn wir

$$a = y_1 - \gamma x_1 \quad \text{und} \quad b = \gamma$$

setzen, denn dann ist

$$h_i = h_1 \exp(\gamma(t_i - t_1)) = \exp(y_1 + \gamma(x_i - x_1)) = \exp(a + bx_i).$$

Gehen wir von der diskreten Funktion $\ln h_i = a + bx_i$ zu einer kontinuierlichen Funktion

$$y = \ln h = a + bx$$

über, können wir a und b nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmen, indem wir die partiellen Ableitungen der Quadratsumme über alle Messwerte

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i)^2$$

nach a und b gleich null setzen:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i)^2 &= \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i) = na + b \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n y_i = 0, \\ \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i)^2 &= \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i) x_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i = 0. \end{aligned}$$

Daraus erhalten wir nach Lösung des linearen Gleichungssystems

$$\begin{aligned} na + \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) b &= \left(\sum_{i=1}^n y_i \right), \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) a + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) b &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned}$$

die Koeffizienten der linearen Regression

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)} \quad \text{und} \quad a = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) b.$$

Durch die Mittelwerte der Messgrößen

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{und} \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

ausgedrückt lauten diese

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) - n(\bar{x} \cdot \bar{y})}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} \quad \text{bzw.} \quad a = \bar{y} - b\bar{x}.$$

In Tab. 1 wurden die Messwerte für die lineare Regression aus allen verfügbaren Quellen zusammengetragen.

x_i [Jahr]	$\tilde{h}_i$ [mm]	h_i [mm]	$y_i = \ln h_i$	h [mm]
1850	-55	55	4,0073	55,19
1860	-50	60	4,0943	62,29
1870	-40	70	4,2485	70,29
1880	-30	80	4,3820	79,33
1890	-10	100	4,5539	89,53
1900	0	110	4,7005	101,04
1910	10	120	4,7875	114,02
1920	20	130	4,8675	128,69
1930	35	145	4,9767	145,23
1940	50	160	5,0752	163,90
1950	70	180	5,1930	184,98
1960	90	200	5,2983	208,76
1970	110	220	5,3936	235,60
1980	135	245	5,5013	265,89
1990	165	275	5,6168	300,07
1993	180	290	5,6699	311,16
2000	225	335	5,8141	338,65
2005	245	355	5,8721	359,76
2010	275	385	5,9532	382,19
2015	310	420	6,0403	406,02
2020	350	460	6,1312	431,33
2023	370	480	6,1738	447,26
2024	382	492	6,1985	452,70

Tabelle 1. Diese 23 Messdaten stammen aus den zitierten Quellen

Mit diesen Messwerten ergeben sich dann folgende Parameter:

$$b = 0,0120945964 \quad \text{und} \quad a = -18,3642144826.$$

Für $t_1 = 1850$ folgt damit die Amplitude und daraus die Zeitabhängigkeit:

$$h_1 = \exp(a + bt_1) = 55,19 \text{ mm} \quad \text{bzw.} \quad h(t) = 55,19 \cdot e^{0,0120946 \cdot (t-1850)} \text{ mm}.$$

Bei einer Rate von 1,21 % pro Jahr verdoppelt sich der Meeresspiegel bezogen auf das Jahr 1850 nach der Zeit $\Delta t = t - 1850$ gemäß der Relation

$$h(\Delta t) = 2h_{1850} = h_{1850} \cdot e^{\gamma \cdot \Delta t}.$$

Nach Kürzen der Höhe h_{1850} auf beiden Seiten lässt sich mittels dieser Formel berechnen, wann sich der Meeresspiegel verdoppelt. Es ergibt sich eine Verdoppelungszeit von

$$\Delta t = \frac{\ln 2}{\gamma} = \frac{0,693}{0,0121} \approx 57 \text{ Jahren.}$$

In Abb. 2 ist die durch die Messpunkte gelegte lineare Ausgleichskurve eingezeichnet.

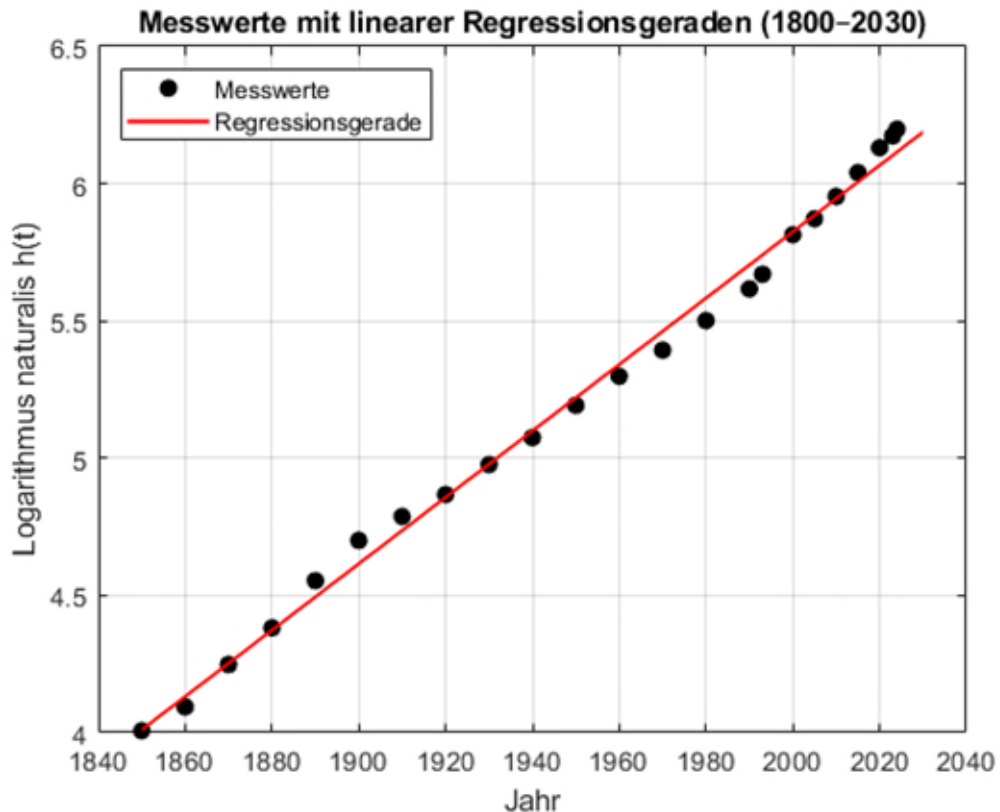


Abbildung 2. Daten gem. Tab. 1 mit linearer Ausgleichskurve

Die kleinen, aber klar sichtbaren Oszillationen um die Regressionsgerade sind ein spannendes Phänomen – aber sie passen erstaunlich gut zu dem, was man aus langen Klimareihen kennt. Wenn der zugrunde liegende Prozess exponentiell wächst, aber kurzfristig schwankt, dann erscheinen diese Schwankungen nach der Logarithmierung als kleine Wellen um eine lineare Trendlinie. Diese Oszillationen lassen sich sehr plausibel erklären.

Langfristige Temperaturreihen zeigen immer wieder 30–70-jährige Warm- und Kaltphasen, z.B. die

- Atlantische Multidekaden-Oszillation (AMO)
Warmphasen: ca. 1850–1880, 1930–1960, ab ca. 1995
Kaltphasen: ca. 1900–1925, 1965–1990
- Pazifische Dekaden-Oszillation (PDO)
Wirkt global, aber abgeschwächt in Europa.

Solche Oszillationen erzeugen periodische Abweichungen vom langfristigen Erwärmungstrend – genau das, was man in den Daten sieht.

Große vulkanische Eruptionen generieren kurzfristige negative Ausschläge, d.h. Abkühlungsimpulse: Krakatau (1883), Santa María (1902), Agung (1963), El Chichón (1982), Pinatubo (1991). Diese Ereignisse drücken die globale Temperatur für 1–3 Jahre. In einer logarithmierten Reihe erscheinen sie als kleine Dellen.

Die Sonne hat einen 11-jährigen Aktivitätszyklus (Schwabe-Zyklus) und einen 80–90-jährigen Gleissberg-Zyklus. Der Effekt ist klein, aber messbar. In einer glatten Trendlinie erzeugt das feine Zacken, die man als Oszillationen wahrnimmt.

Das Klimasystem ist ferner nicht rein deterministisch. Es enthält chaotische Ozean-Atmosphäre-Kopplungen sowie Rückkopplungen und interne Rauschprozesse. Diese erzeugen stochastische Abweichungen, die sich über Jahrzehnte glätten, aber kurzfristig sichtbar bleiben.

Wenn wir unsere exponentielle Funktion logarithmieren, $\ln h(t) = a + bt$, der eigentliche Prozess aber so aussieht,

$$h(t) = e^{a+bt} (1 + \varepsilon(t)),$$

dann wird daraus

$$\ln h(t) = a + bt + \ln(1 + \varepsilon(t)).$$

Für kleine ε gilt die Näherung

$$\ln(1 + \varepsilon) \approx \varepsilon,$$

d.h. die Oszillationen werden linear sichtbar, obwohl sie im Original exponentiell moduliert sind. Diese kleinen Wellen um die Regressionsgerade sind daher physikalisch plausibel, klimatisch erklärbar, mathematisch erwartbar und ein Zeichen, dass die Daten *echt* und *nicht übergeglättet* sind. Sie passen perfekt zu den bekannten Warm- und Kaltphasen der letzten 170 Jahre.

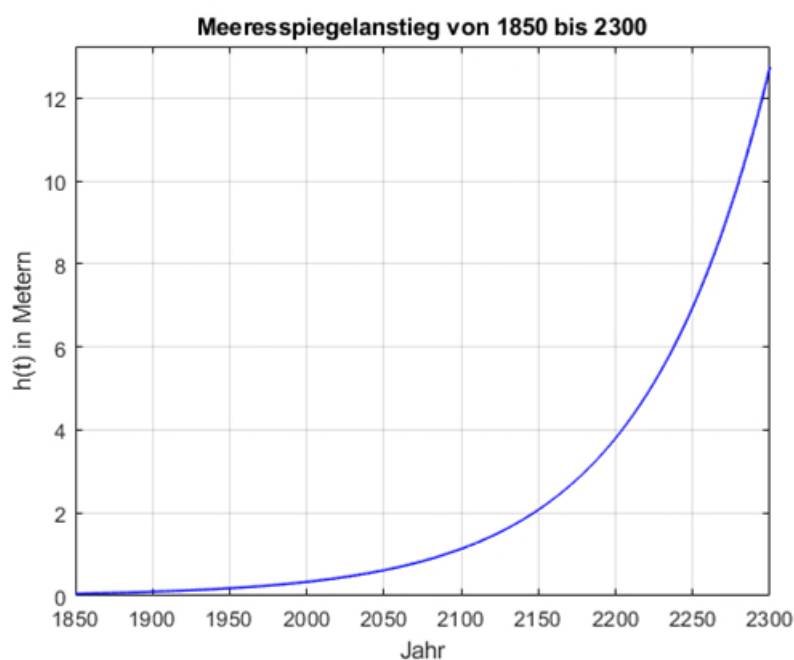


Abbildung 3. Exponentieller Anstieg des Meeresspiegels bis zum Jahr 2300

Abb. 3 zeigt den exponentiellen Anstieg des Meeresspiegels. Bis zum Jahr 2100 wären das genau 2 m und bis zum Jahr 2250 gut 7 m. Im Jahr 2300 wird sich der Meeresspiegel um mehr als 12 m gehoben haben – und das wäre eine Katastrophe. Der bislang von vielen erwartete Anstieg ist also nicht ausgeblieben, sondern im Vergleich zu einem Menschenalter in unerreichbarer Ferne.

Literaturverzeichnis

- [1] Hiebl, M. (2003). *Der durch das Abschmelzen der Polkappen sowie des Inlandeises verursachte Anstieg des Meeresspiegels als Folge zunehmender Erderwärmung*. Verfügbar als PDF unter: <https://www.manfredhiebl.de/Physik/anstieg.pdf> (Zugriff: 20.01.2026).
- [2] Hiebl, M. (2001). *Der Treibhauseffekt*. Verfügbar unter <https://www.manfredhiebl.de/Physik/treibhauseffekt.html> (Zugriff: 20.01.2026)
- [3] Church, J. A., & White, N. J. (2011). Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century. *Surveys in Geophysics*, 32, 585–602.
- [4] Church, J. A., & White, N. J. (2006). A 20th Century Acceleration in Global Sea-Level Rise. *Geophysical Research Letters*, 33, L01602.
- [5] NOAA GMSL Reconstruction. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Global Mean Sea Level Reconstruction (1807–present).
- [6] Wang, J., Church, J. A., Zhang, X., & Chen, X. (2024). Improved Sea Level Reconstruction from 1900 to 2019. *Journal of Climate*, 37(24), 6453–6474.
- [7] NASA / University of Colorado Sea Level Research Group. Satellite Sea Level Observations (TOPEX/Poseidon, Jason-1/2/3).
- [8] Cazenave, A., & Moreira, L. (2022). Recent Acceleration of Sea Level Rise. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 538–551.
- [9] Hiebl, M. (2018). *Physikaufgabe 101 – Exponentieller Anstieg des Meeresspiegels*. Verfügbar als PDF unter: https://www.manfredhiebl.de/Physik/physikaufgabe_101.pdf (Zugriff: 20.01.2026).
- [10] IPCC AR6 – Sixth Assessment Report (2021). *Chapter 9: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change*.
- [11] Dangendorf, S. et al. (2019). *Persistent Acceleration in Global Sea-Level Rise Since the 1960s*. *Nature Climate Change*, 9, 705–710.
- [12] Glinzer, O. (2019, 7. April). *Logarithmischer Zusammenhang von globaler Erwärmung und CO₂-Konzentration – Ergebnisse in Formeln und Bildern*. Climate Data Check. (Nicht mehr online verfügbar.)
- [13] Etheridge, D. M., Steele, L. P., Langenfelds, R. L., Francey, R. J., Barnola, J.-M., & Morgan, V. I. (1996). *Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn*. *Journal of Geophysical Research*, 101(D2), 4115–4128.

Anhang 1

```
function treibhaus
```

```
    % Konstanten
```

```
    sigma = 5.67e-8; % W/m^2/K^4 Stefan-Boltzmann-Konstante
```

```
    S0 = 1367; % W/m^2 Solarkonstante
```

```
    A = 0.7; % Absorptionskoeffizient der Erde
```

```
    yesno = 'y';
```

```
    while yesno == 'y'
```

```
        clc;
```

```
        fprintf('What do you wish to calculate?\n');
```

```
        fprintf('1) Temperature rise due to increase in solar constant\n');
```

```
        fprintf('2) Rise of the solar constant due to increase of temperature\n');
```

```
        fprintf('3) Temperature rise due to carbon dioxide increase\n');
```

```
        fprintf('4) End program\n');
```

```
        nr = input('Your choice: ', 's');
```

```
        % Grundwert der absorbierten Strahlung
```

```
        S = A * S0 / 4;
```

```
        % -----
```

```
        % OPTION 2: Anstieg der Solarkonstante aufgrund steigender Temperaturen
```

```
        % -----
```

```
        if strcmp(nr, '2')
```

```
            fprintf('\nCurrent value of the solar constant is %.2f W/m^2\n', S0);
```

```
            DeltaT = input('Enter temperature increase in Kelvin: ');
```

```
            T0 = (S / sigma)^(1/4);
```

```
            T = T0 + DeltaT;
```

```
            S_new = sigma * T^4;
```

```
            S_new = 4 * S_new / A;
```

```
            DeltaS = S_new - S0;
```

```
            fprintf('Can only be caused by the sun itself with a postulated\n');
```

```
            fprintf('increase of the solar constant of %.2f W/m^2\n', DeltaS);
```

```

fprintf('corresponding to an absolute value of %.2f W/m^2\n', S_new);
Sr = DeltaS / S0 * 100;
fprintf('Relative increase of solar constant = %.2f %%\n', Sr);
if abs(DeltaS) > 5
    fprintf('which is currently not the case!\n');
end

yesno = input('New calculation? <y|n> ', 's');
end

% -----
% OPTION 1: Temperaturanstieg aufgrund der Zunahme der Sonnenkonstante
% -----

if strcmp(nr, '1')
    fprintf('\n');
    T0 = (S / sigma)^(1/4);
    Sr = input('Enter value of solar constant increase in %: ');
    S_new = S0 * (1 + Sr/100);
    T = (A * S_new / 4 / sigma)^(1/4);
    DeltaS = S_new - S0;
    DeltaT = T - T0;
    fprintf('Corresponds to an absolute increase of %.2f W/m^2\n', DeltaS);
    fprintf('and a global mean temperature rise of %.2f K\n', DeltaT);
    if abs(DeltaS) > 5
        fprintf('which is currently not the case!\n');
    end

    yesno = input('New calculation? <y|n> ', 's');
end

% -----
% OPTION 3: Temperaturanstieg aufgrund des Anstiegs des Kohlendioxidgehalts
% -----

if strcmp(nr, '3')

```

```

deltac = input('Increase of carbon dioxide concentration (%): ');
T = 288 + 3.318 * log(1+deltac/100);
DeltaT = T - 288;
fprintf('Earth mean temperature = %.2f K\n', T);
fprintf('Temperature increase = %.2f K\n', DeltaT);
yesno = input('New calculation? <y|n> ', 's');
end
% -----
% OPTION 4: Programm beenden
% -----
if strcmp(nr, '4')
    yesno = 'n';
end
end
clc;
fprintf('Program end!\n');
end

```

Anhang 2

% Daten: Jahr (x) und Messwert (y)

```

x = [1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 ...
     1950 1960 1970 1980 1990 1993 2000 2005 2010 2015 ...
     2020 2023 2024]';
y = [4.0073 4.0943 4.2485 4.382 4.5539 4.7005 4.7875 4.8675 4.9767 5.0752 ...
     5.193 5.2983 5.3936 5.5013 5.6168 5.6699 5.8141 5.8721 5.9532 6.0403 ...
     6.1312 6.1738 6.1985]';

```

% Lineare Regression nach Methode der kleinsten Quadrate

% $y = a + b \cdot x$

p = polyfit(x, y, 1); % p(1) = b, p(2) = a

b = p(1);

```

a = p(2);
fprintf('a = %.10f\n', a);
fprintf('b = %.10f\n', b);
% Stützachse für die Regressionsgerade: 1800 bis 2030
x_fit = (1850:1:2030)';
y_fit = a + b * x_fit;
% Plot
figure;
hold on; grid on; box on;
% Messwerte
plot(x, y, 'ko', 'MarkerFaceColor', 'k', 'DisplayName', 'Messwerte');
% Regressionsgerade
plot(x_fit, y_fit, 'r-', 'LineWidth', 1.5, 'DisplayName', 'Regressionsgerade');
xlabel('Jahr');
ylabel('Logarithmus naturalis h(t)');
title('Messwerte mit linearer Regressionsgeraden (1800–2030)');
legend('Location', 'NorthWest');
hold off;

>> lineare_regression
a = -18.3642144826
b = 0.0120945964

```

Anhang 3

```

% Zeitintervall definieren
t = 1850:1:2300;
% Funktion für den Meeresspiegelanstieg in Metern
h_m = (55.19 * exp(0.0120946 * (t - 1850))) / 1000; % Umrechnung von mm in m
% Plot erstellen
figure;

```

```
plot(t, h_m, 'b', 'LineWidth', 1);  
grid on;  
% Achsenbeschriftungen und Titel  
xlabel('Jahr');  
ylabel('h(t) in Metern');  
title('Meeresspiegelanstieg von 1850 bis 2300');  
% Optional: Achsenbereich anpassen  
xlim([1850 2300]);  
ylim([0 max(h_m) + 0.5]);
```