



KLIMAWANDEL:

ANALYSEN

RISIKEN

CHANCEN

1

MUDELSEE



1970



ABI '81

ABI81



HERR MANFRED M U D E L S E E

geboren am 6.10.1962 in HEIDELBERG

hat sich am 1.6.1990

der Diplomprüfung im Studiengang **Physik**

an der Universität Heidelberg unterzogen

und in den einzelnen Prüfungsfächern folgende Urteile erhalten:

1. Experimentalphysik

SEHR GUT-GUT

PROF. K.O. MÜNNICH

2. Theoretische Physik

SEHR GUT

PROF. H.A. WEIDENMÜLLER

3. Wahlfach (Physik)

SEHR GUT-GUT

PROF. W. ROEDEL

4. CHEMIE

SEHR GUT-GUT

PROF. G. WOLF

5. Diplomarbeit

SEHR GUT

PROF. K.O. MÜNNICH

PROF. U. PLATT

Das Thema der Diplomarbeit lautete:

ESR-DATIERUNG KARBONATHALTIGER, QUARTÄRER TIEFSEESSEDIMENTE

1992



1997



PERGAMON

Computers & Geosciences 26 (2000) 293–307

**COMPUTERS &
GEOSCIENCES**

Ramp function regression: a tool for quantifying climate transitions[☆]

Manfred Mudelsee*

Institute of Mathematics and Statistics, University of Kent, Canterbury CT2 7NF, UK

Received 16 March 1999; received in revised form 15 September 1999; accepted 15 September 1999

2003

letters to nature

.....

No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe

**Manfred Mudelsee^{1*}, Michael Börngen¹, Gerd Tetzlaff¹
& Uwe Grünewald²**

¹*Institute of Meteorology, University of Leipzig, Stephanstrasse 3, 04103 Leipzig, Germany*

²*Institute of Hydrology, Technical University Cottbus, PF 101344, 03103 Cottbus, Germany*

* Present address: Department of Earth Sciences; Boston University, 685 Commonwealth Avenue, Boston, Massachusetts 02215, USA

.....

2024

Journal of Water & Climate Change

© 2024 The Authors

Journal of Water and Climate Change Vol 15 No 3, 1300 doi: 10.2166/wcc.2024.587

Are extreme floods on the Danube River becoming more frequent? A case study of Bratislava station

Igor Leščešen ^a, Biljana Basarin ^a, Dragoslav Pavić ^a, Manfred Mudelsee ^{b,c,d,e}, Pavla Pekarova ^f
and Minučer Mesaroš ^{a,*}

^a Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Serbia

^b Climate Risk Analysis, Kreuzstrasse 27, 37581 Bad Gandersheim, Germany

^c Advanced Climate Risk Education gUG, Kreuzstrasse 27, 37581 Bad Gandersheim, Germany

^d Institute of Geosciences, University of Potsdam, Karl-Liebknecht-Str. 24–25, 14476 Potsdam, Germany

^e Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Klußmannstr. 3, 27570 Bremerhaven, Germany

^f Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Dubravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovakia

*Corresponding author. E-mail: minucer.mesaros@dgt.uns.ac.rs

Atmospheric and Oceanographic Sciences Library 51

Manfred Mudelsee

Climate Time Series Analysis

Classical Statistical and Bootstrap Methods

Second Edition

 Springer

www.climate-risk-analysis.com

49th Intensive Online Course
3–7 June 2024

2

BOTSCHAFT



**KLIMASCHUTZ
BLEIBT WICHTIG.**

**KLIMAAANPASSUNG
WIRD WICHTIGER.**

3

KOHLENDIOXID



KOHLENSTOFF

bindungsfreudig:

Photosynthese

Verbrennung, CO_2

Kohlendioxid = CO₂

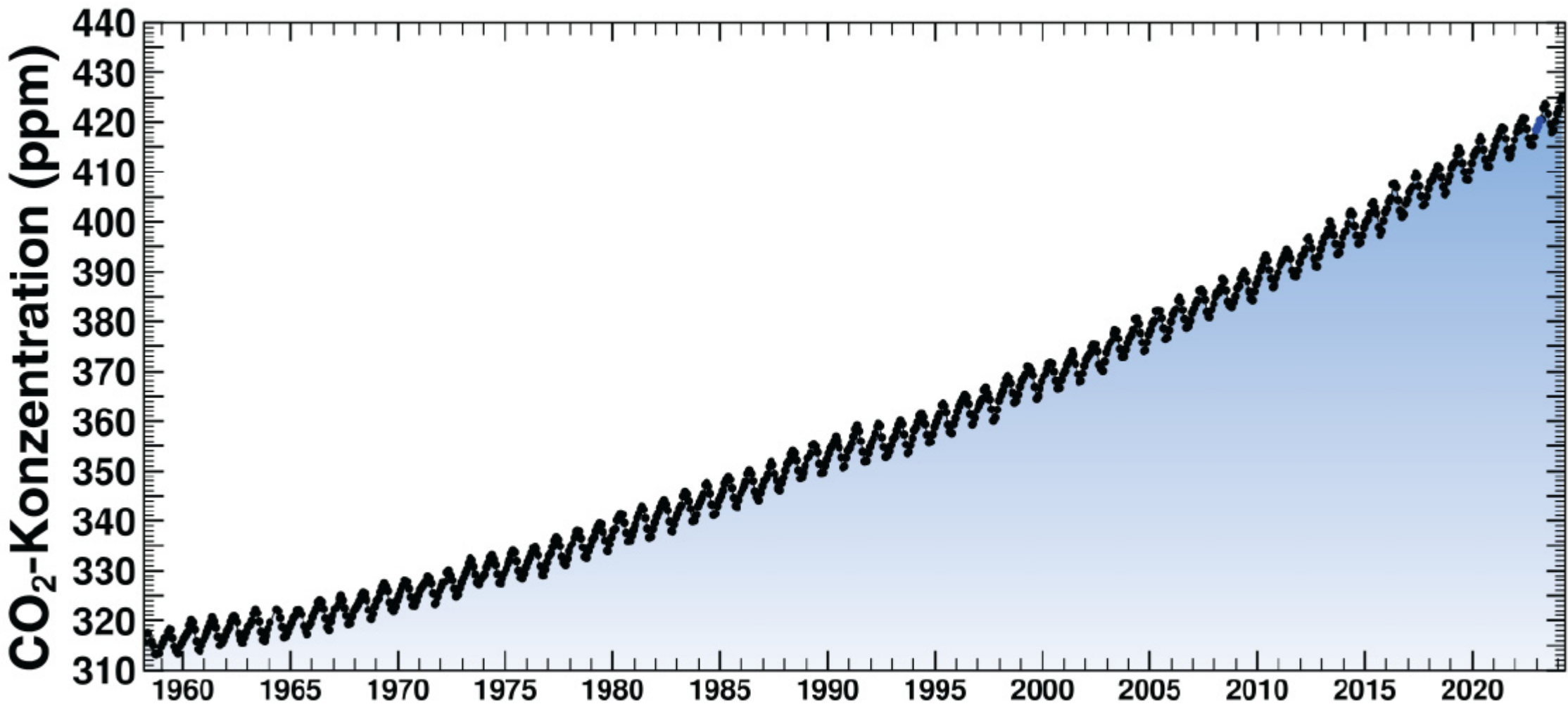
Die atmosphärische Konzentration zeigt

jährliche Schwankungen (Biologie)

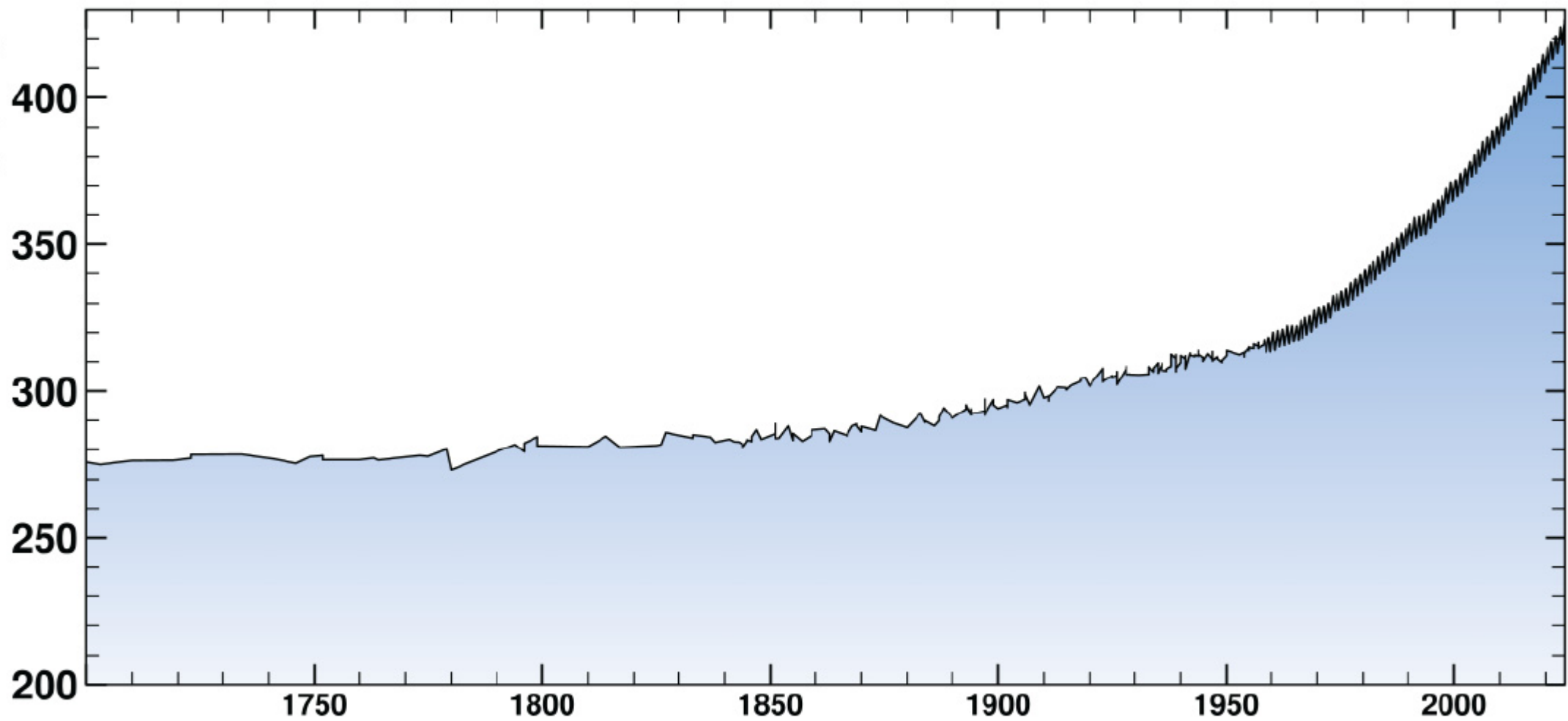
und

dekadischen Aufwärtstrend (fossile

Brennstoffe)



CO₂-Konzentration (ppm)



ppm = *parts per million*

429 ppm (April 2024):

von 1 Million Luftteilchen (N_2 , O_2 , Ar, CO_2 , ...)

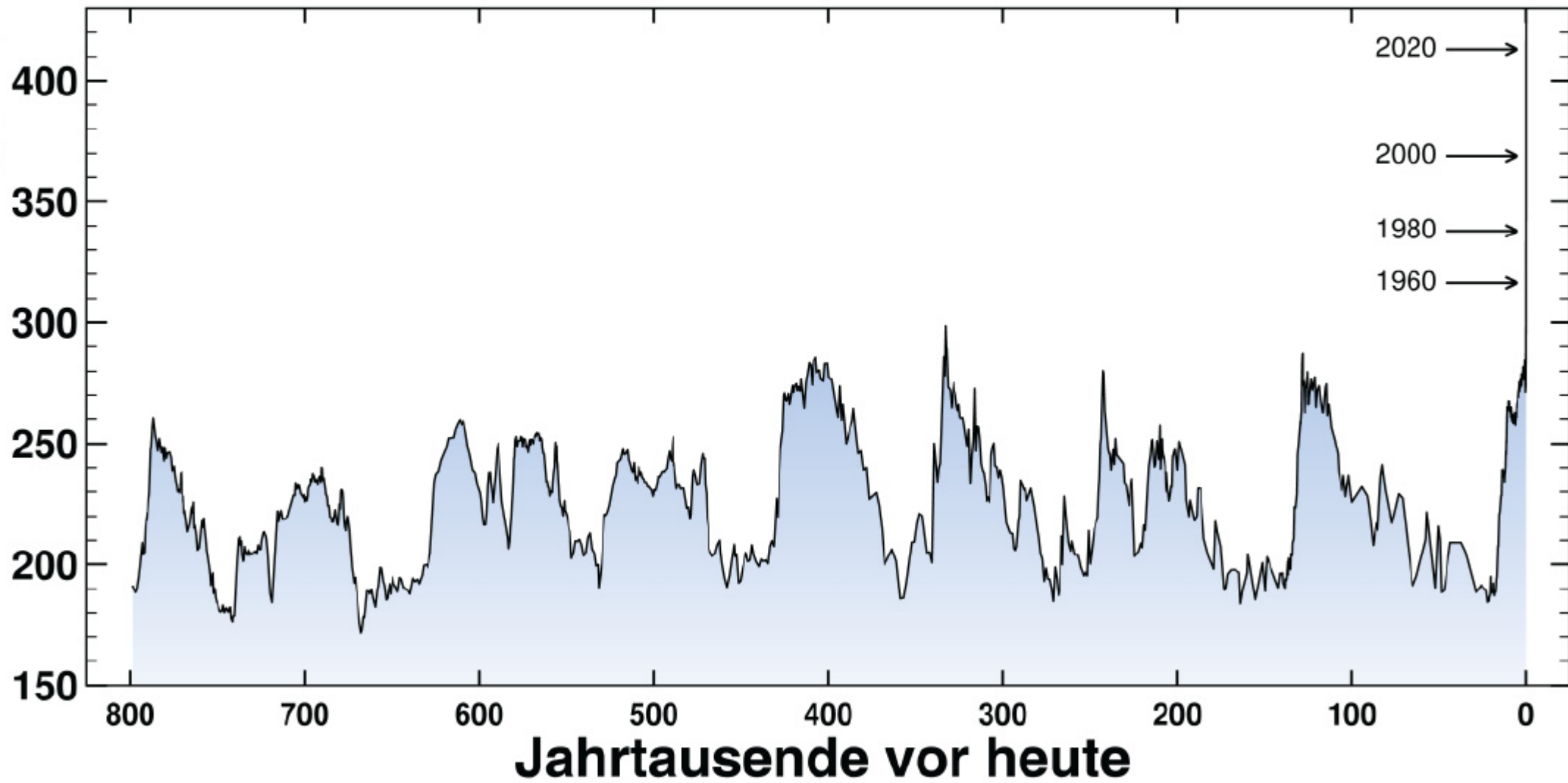
sind 429 CO_2

**Die atmosphärische Konzentration zeigt
auf langen Zeitskalen
(die letzten 800 Jahrtausende)**

**klimatische Schwankungen (Eiszeiten)
und dass**

**der gegenwärtige Wert von 429 ppm bei
weitem niemals vorher erreicht wurde.**

CO₂-Konzentration (ppm)





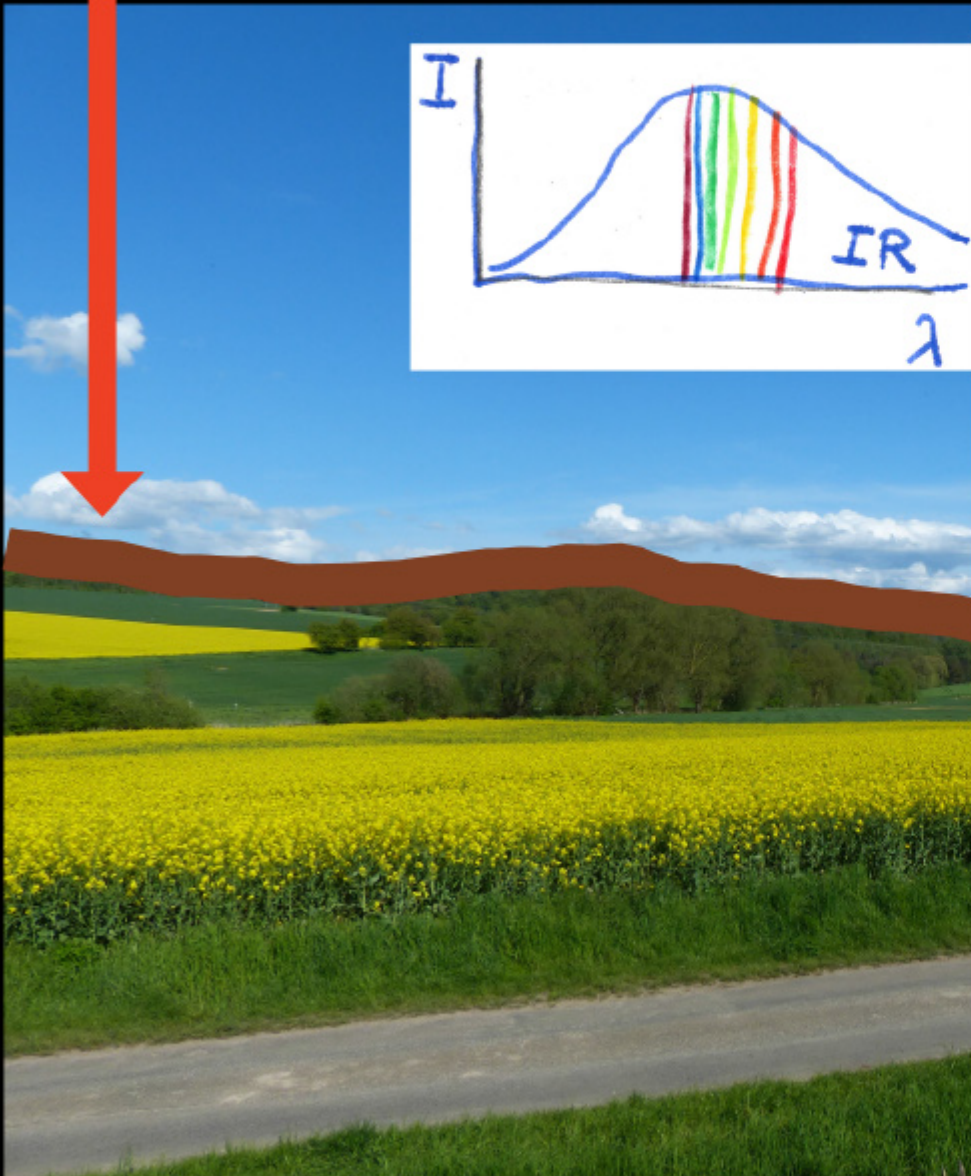
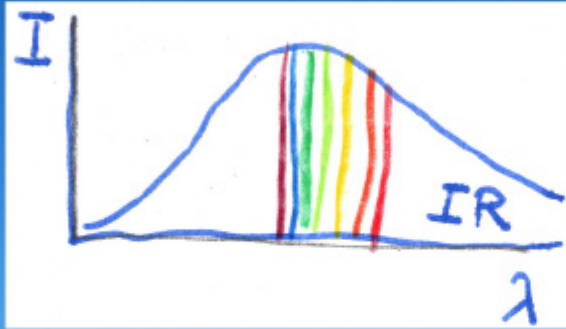
4

TEMPERATUR

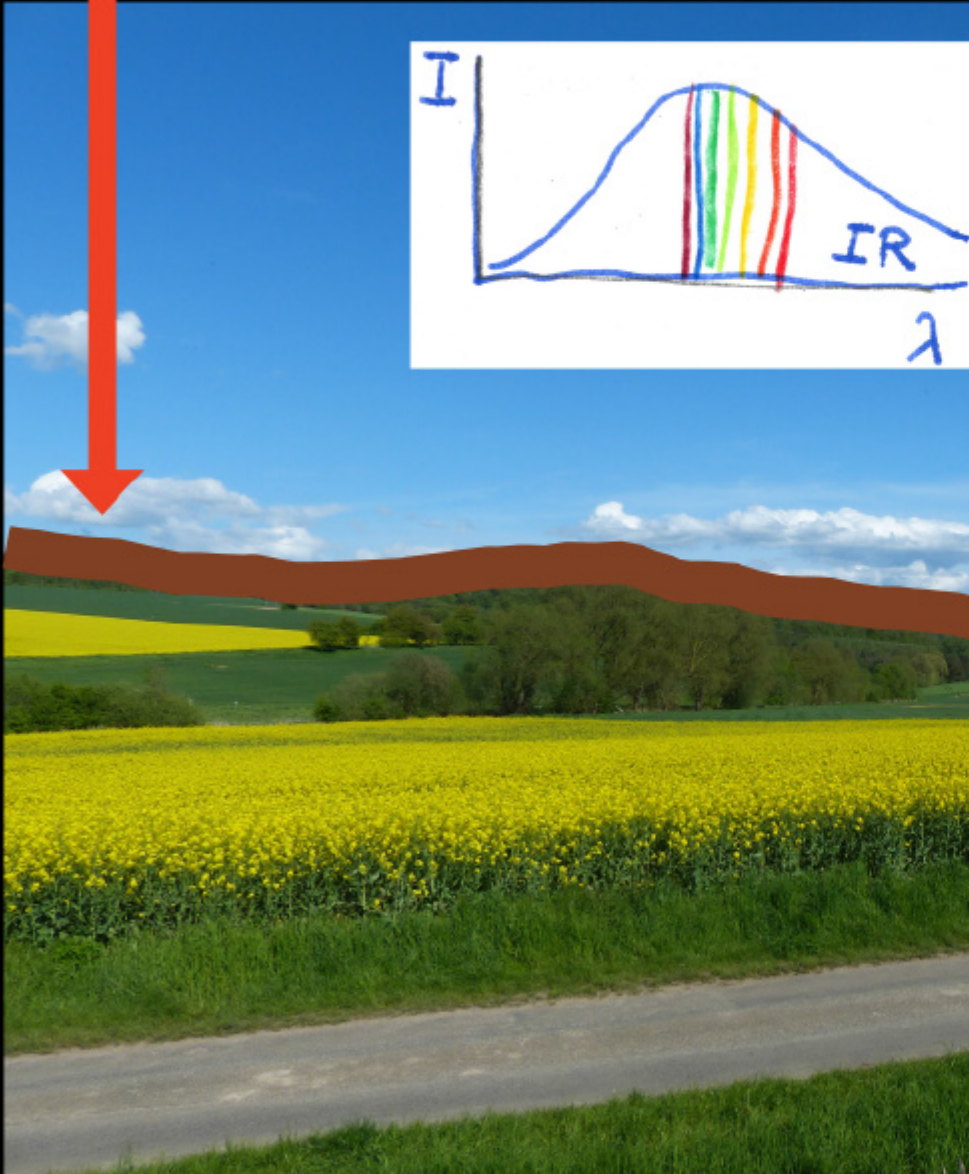




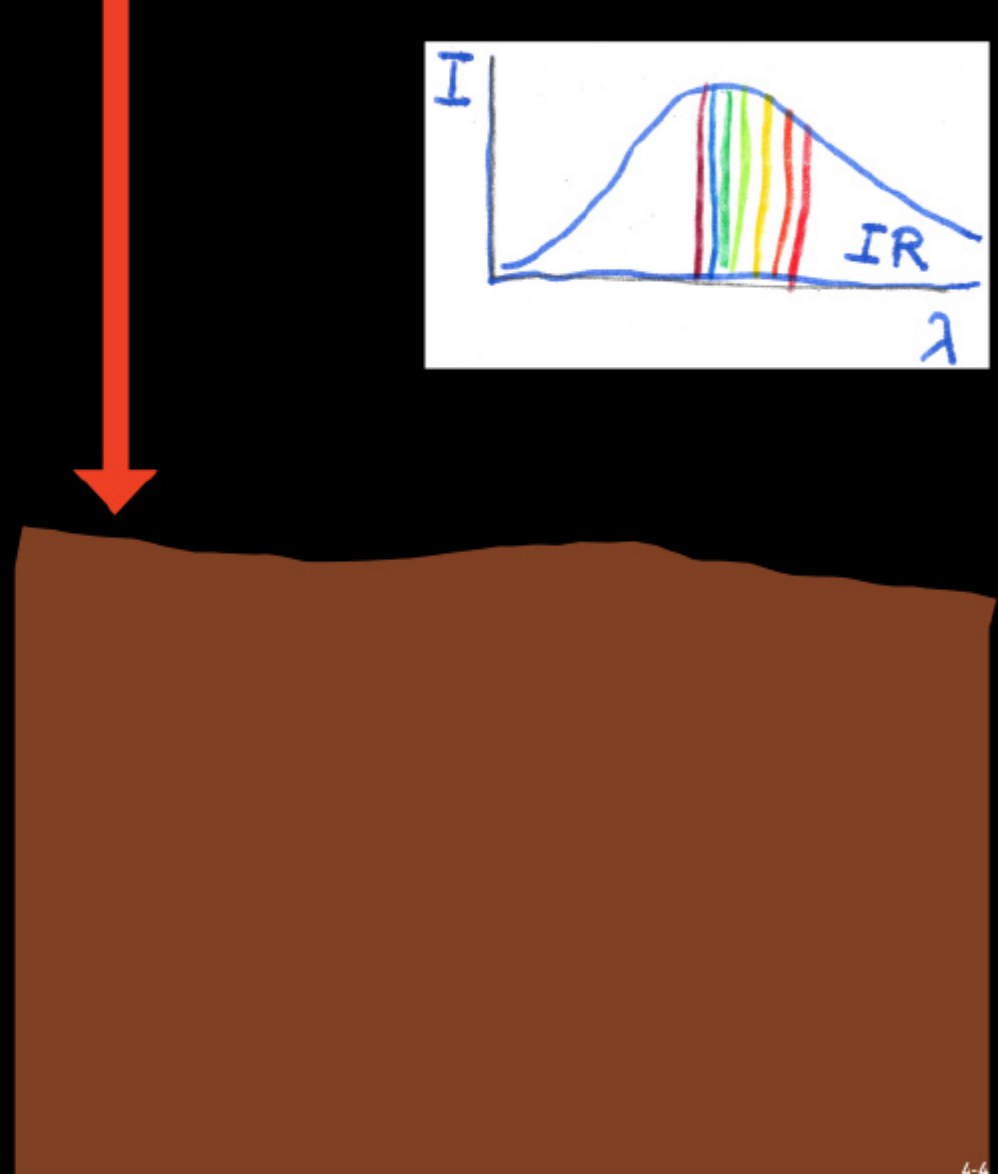
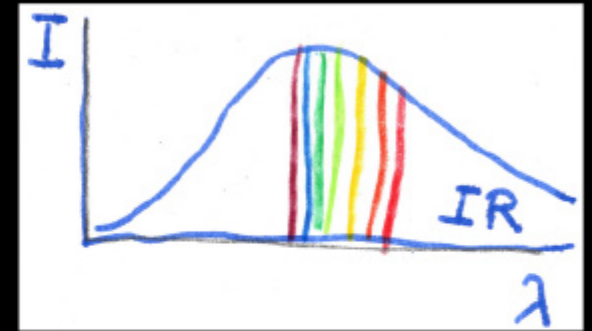
5500 °C



5500 °C

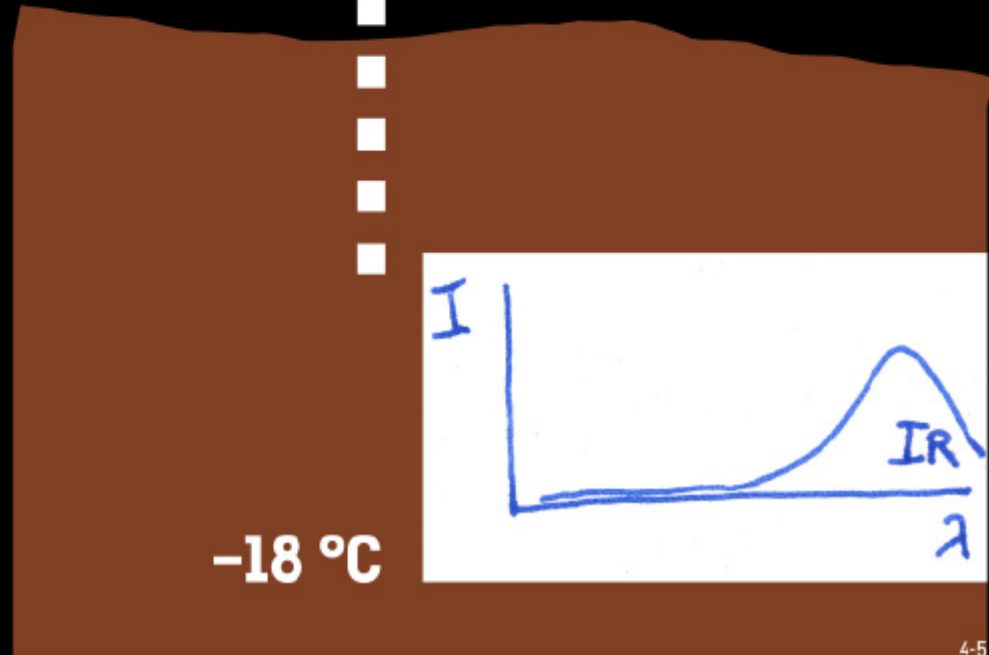
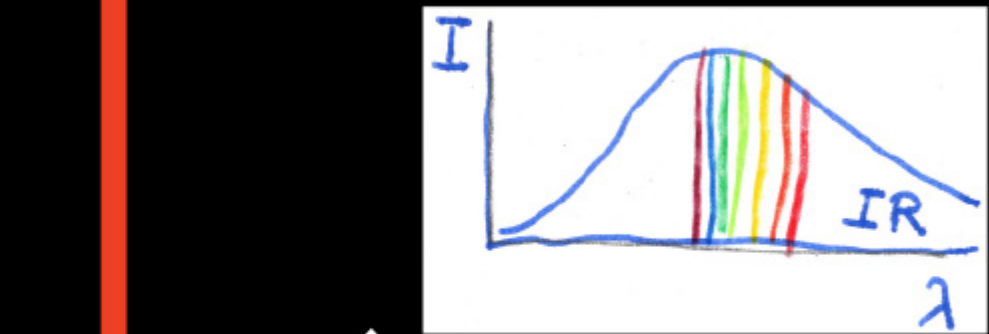
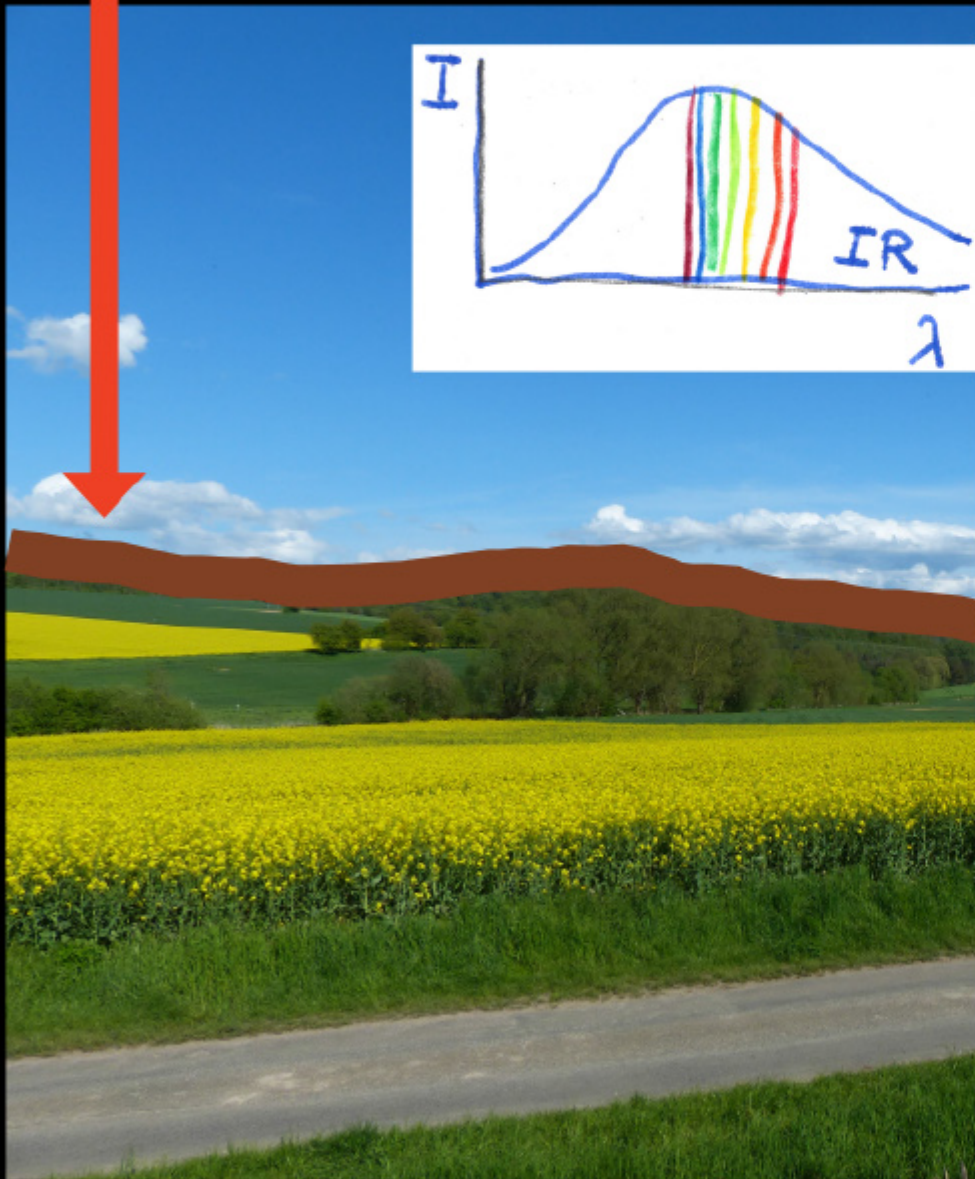


5500 °C



5500 °C

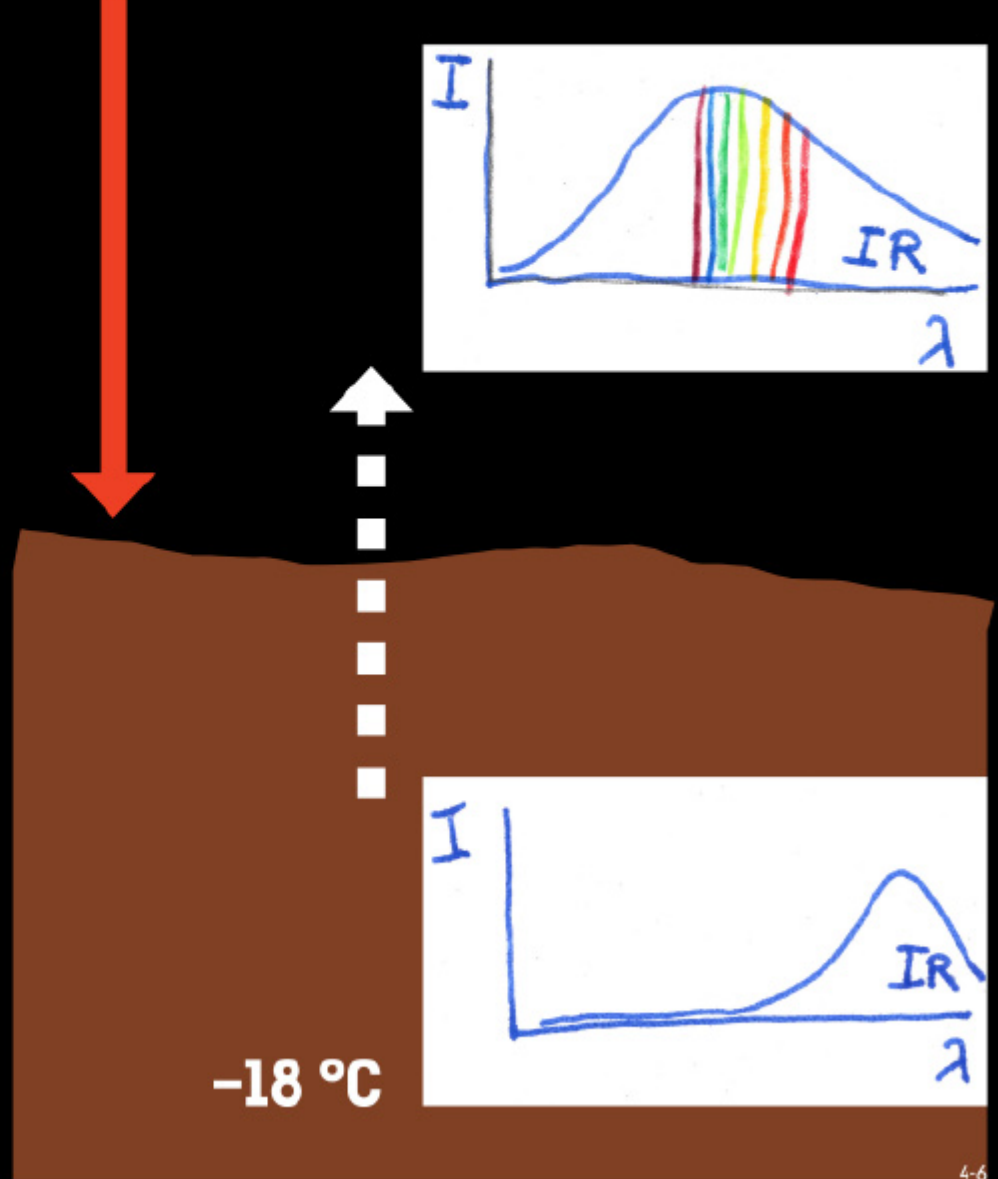
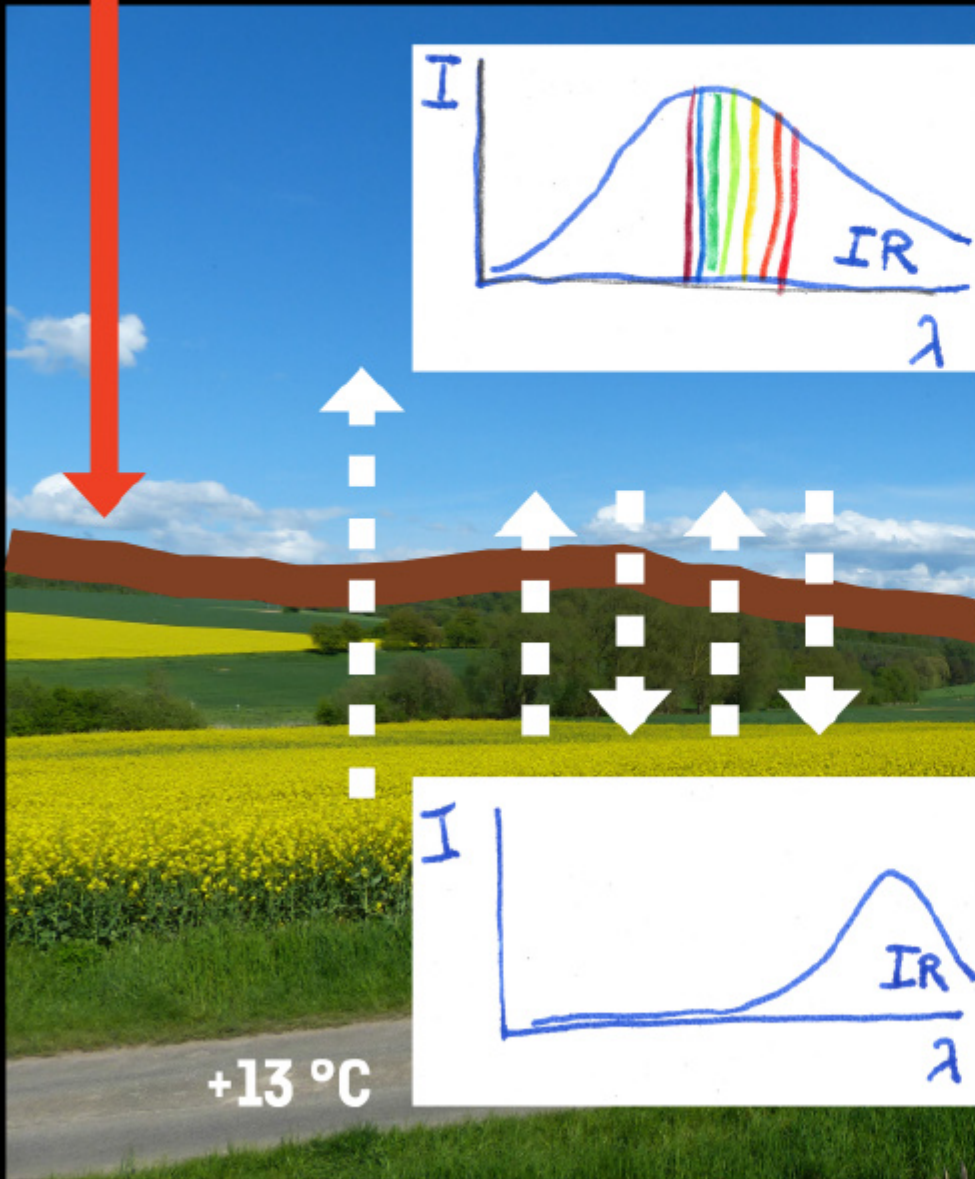
5500 °C



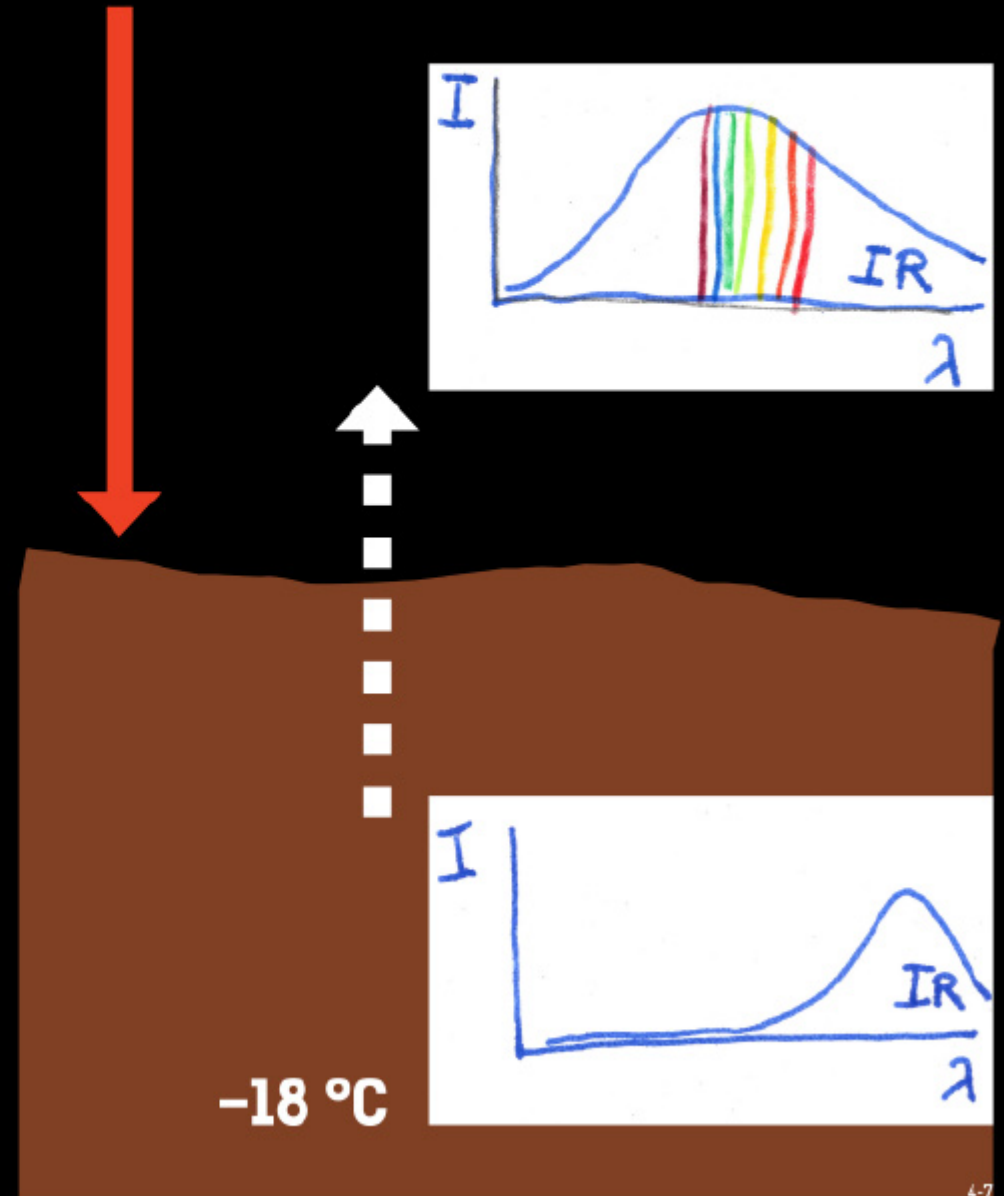
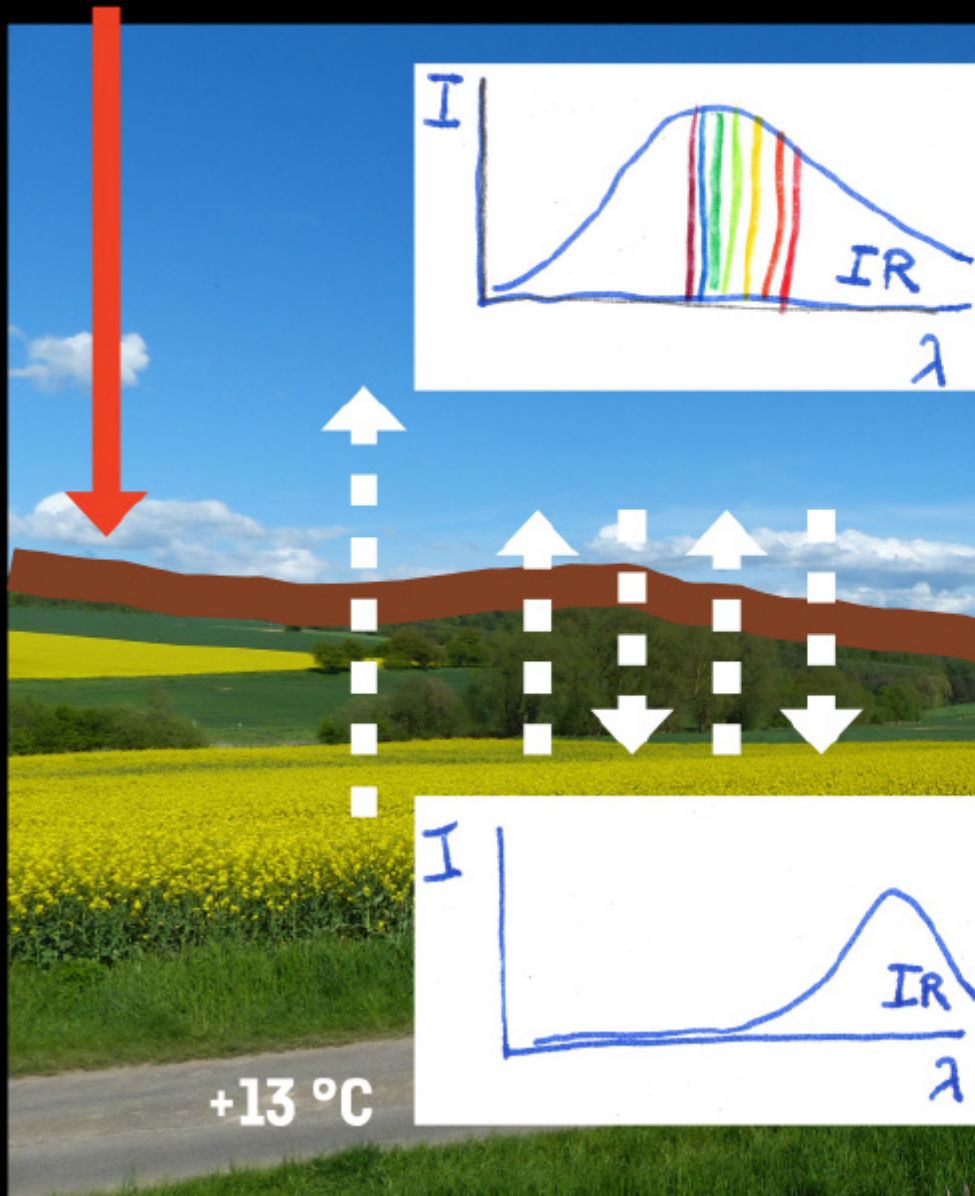
-18 °C

5500 °C

5500 °C



NATÜRLICHER TREIBHAUSEFFEKT



NATÜRLICHER TREIBHAUSEFFEKT

Treibhausgase (H_2O , CO_2 , CH_4 , ...),
für sichtbares Licht durchlässig,
für **Infrarotlicht wenig durchlässig,**
erzwingen eine

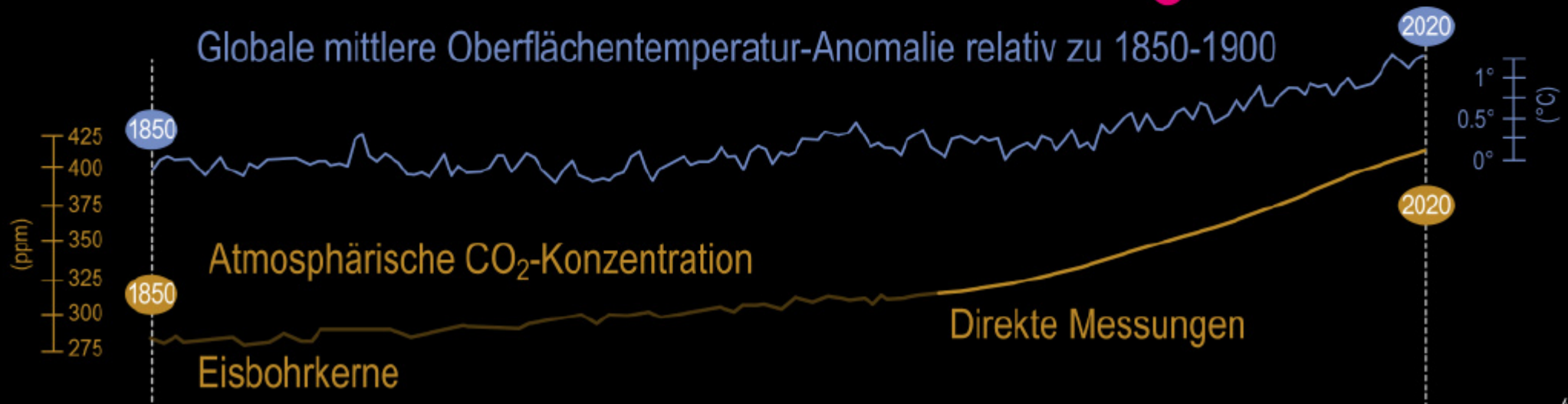
erhöhte Hin-und-her-Strahlung 
(d.h. **erhöhte Oberflächenluft-Temperatur**),

bis das Fließgleichgewicht
erreicht ist (netto Null).

ANTHROPOGENER TREIBHAUSEFFEKT

zusätzliche, seit der Industrialisierung
ansteigende Treibhausgaskonzentrationen
[CO₂, CH₄, ...]
führen zu einer

zusätzlichen Erwärmung



COMMUNITY

Isaac Newton 1643–1727
Licht, Spektrum



Friedrich Wilhelm Herschel 1738–1822
Infrarotlicht



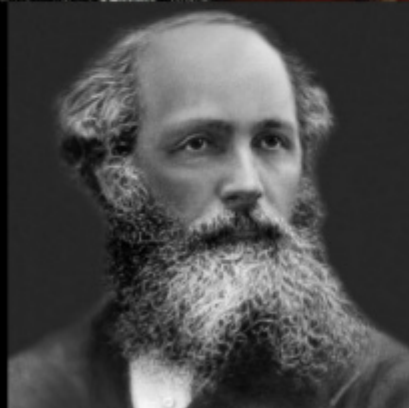
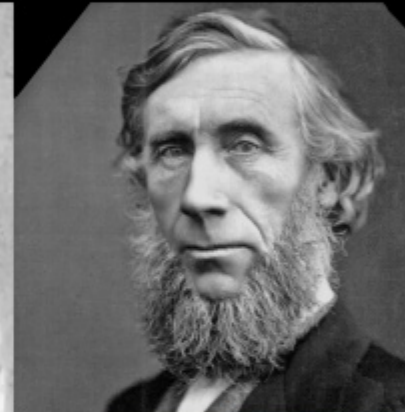
Joseph Fourier 1768–1830
Treibhaus-Analogie, Strahlungsgleichgewicht



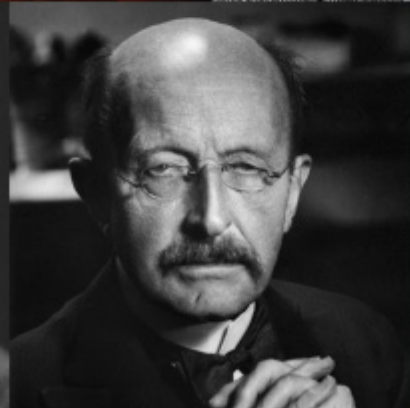
Eunice Newton Foote 1819–1888
Kohlendioxid ist Treibhausgas



John Tyndall 1820–1893
Kohlendioxid ist Treibhausgas im Infraroten



James Clerk Maxwell 1831–1879
Elektrodynamik



Max Planck 1858–1947
Strahlungsgesetz



Svante Arrhenius 1859–1927
Berechnungen Klimasensitivität, Eiszeiten



Guy Stewart Callendar 1898–1964
Messungen Klimasensitivität, Prognosen



Valerie Masson-Delmotte 1971–
IPCC, Prognosen



IPCC

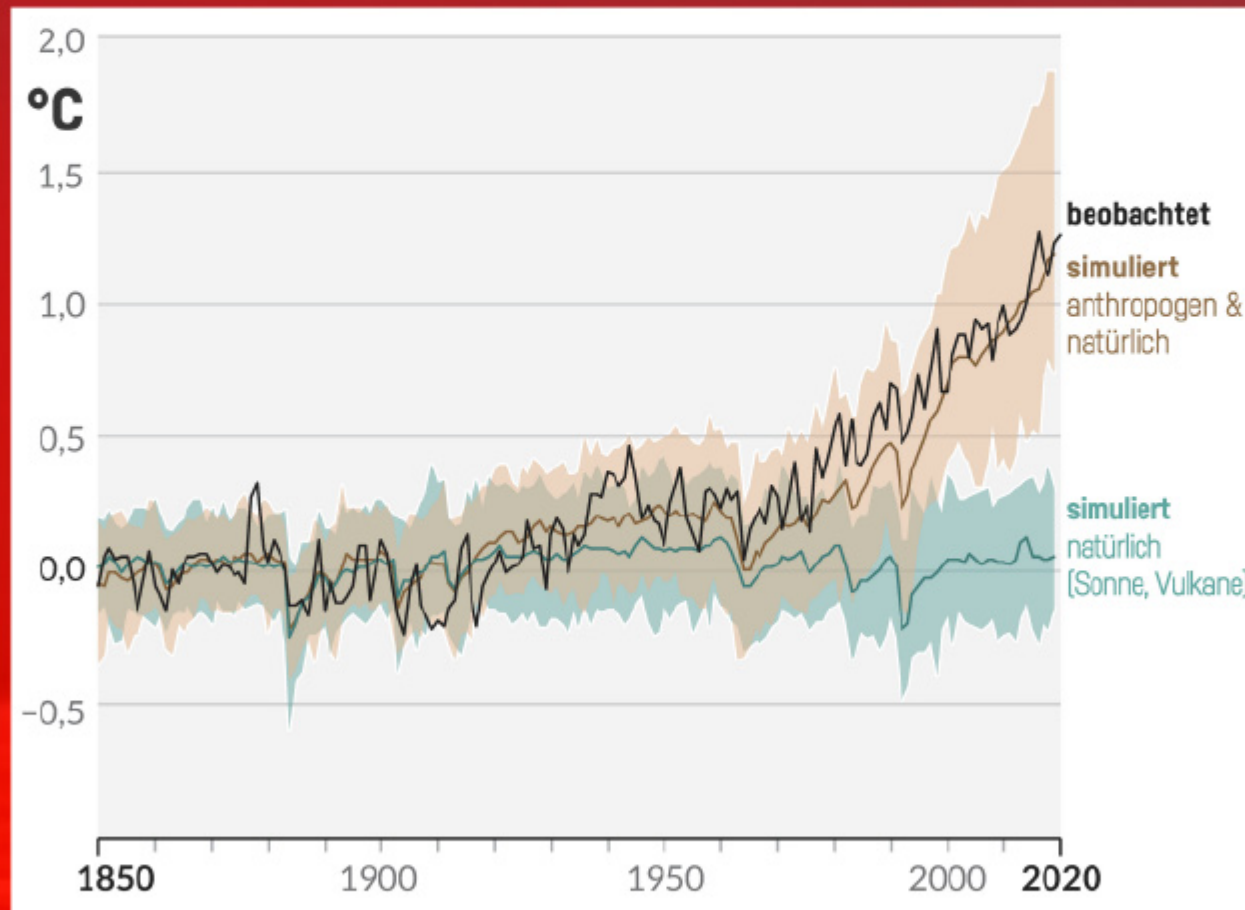
GLOBALE ERWÄRMUNG

**ES GIBT WEITERE NATÜRLICHE
TEMPERATURÄNDERUNGEN:**

**solare Einstrahlung
vulkanische Aktivität
interne Schwankungen**

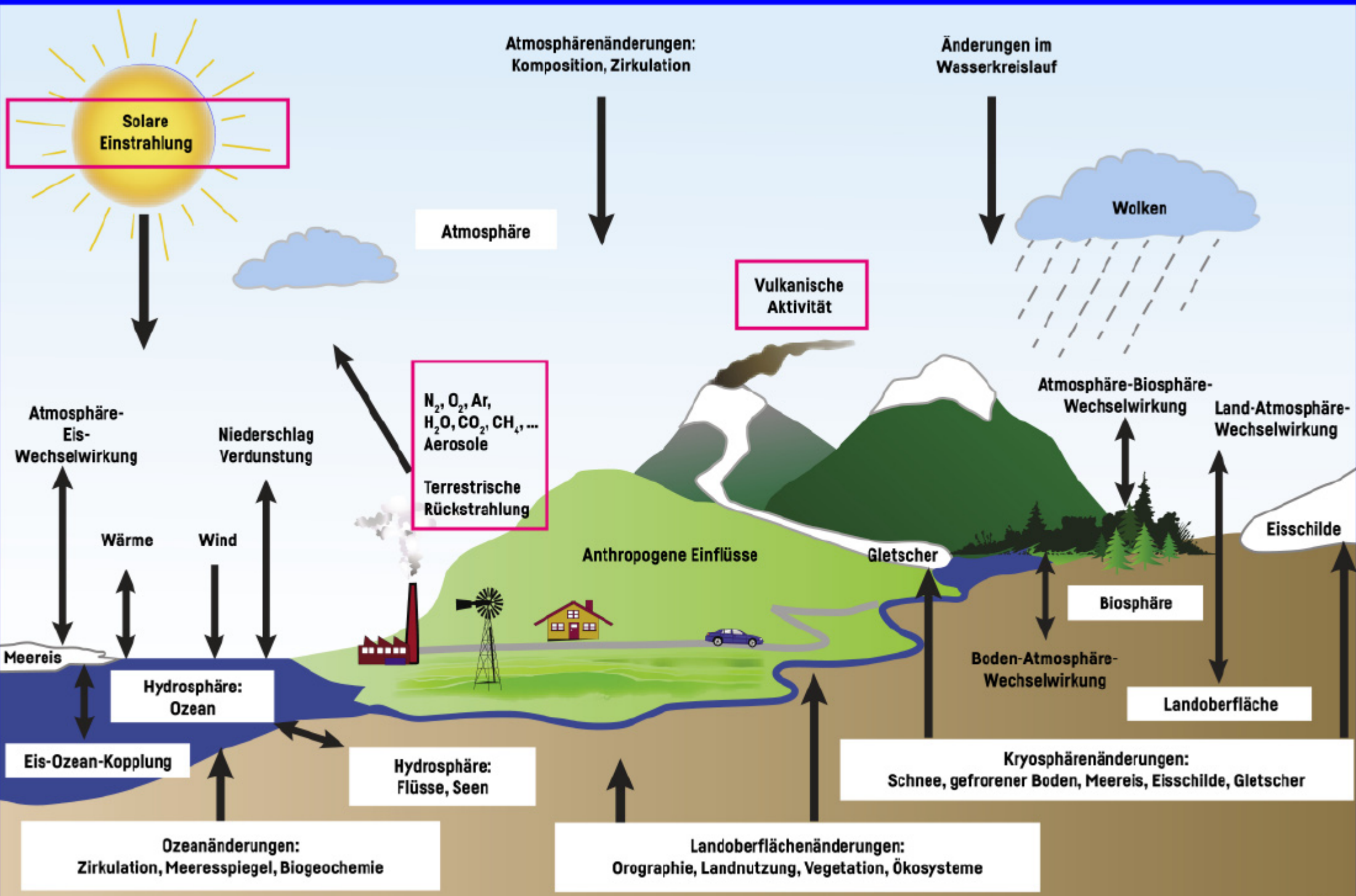
Globale Erwärmung

Globale mittlere Oberflächentemperatur-Anomalie relativ zu 1850–1900



5

KLIMAWANDEL



MODERNE SICHT (KLIMA)

SYSTEM (NICHT NUR ATMOSPHERE)

**Klimavariablen: CO₂, Temperatur,
Niederschlag,
Windgeschwindigkeit,
Abfluss, ...**

MODERNE SICHT (KLIMA)

**TRENNUNG WETTER-KLIMA (30 JAHRE)
WILLKÜRLICH/IRRELEVANT**

MODERNE SICHT (KLIMA)

ÄNDERUNGEN AUF ALLEN SKALEN

Raum: global, regional, lokal

Zeit: *deep time* (bis 4,55 Mrd. Jahre)
instrumentelle Periode (ab 1659)

Zukunft

Indizes: Durchschnitt, Extreme, ...

6

ANALYSE I

HOCHWASSER

An aerial photograph of a blue body of water, likely the ocean, with a white foam wave breaking in the lower right corner. The text "17. August 2002" is overlaid in large white font at the top.

17. August 2002



17. August 2002

Dresden, Elbe

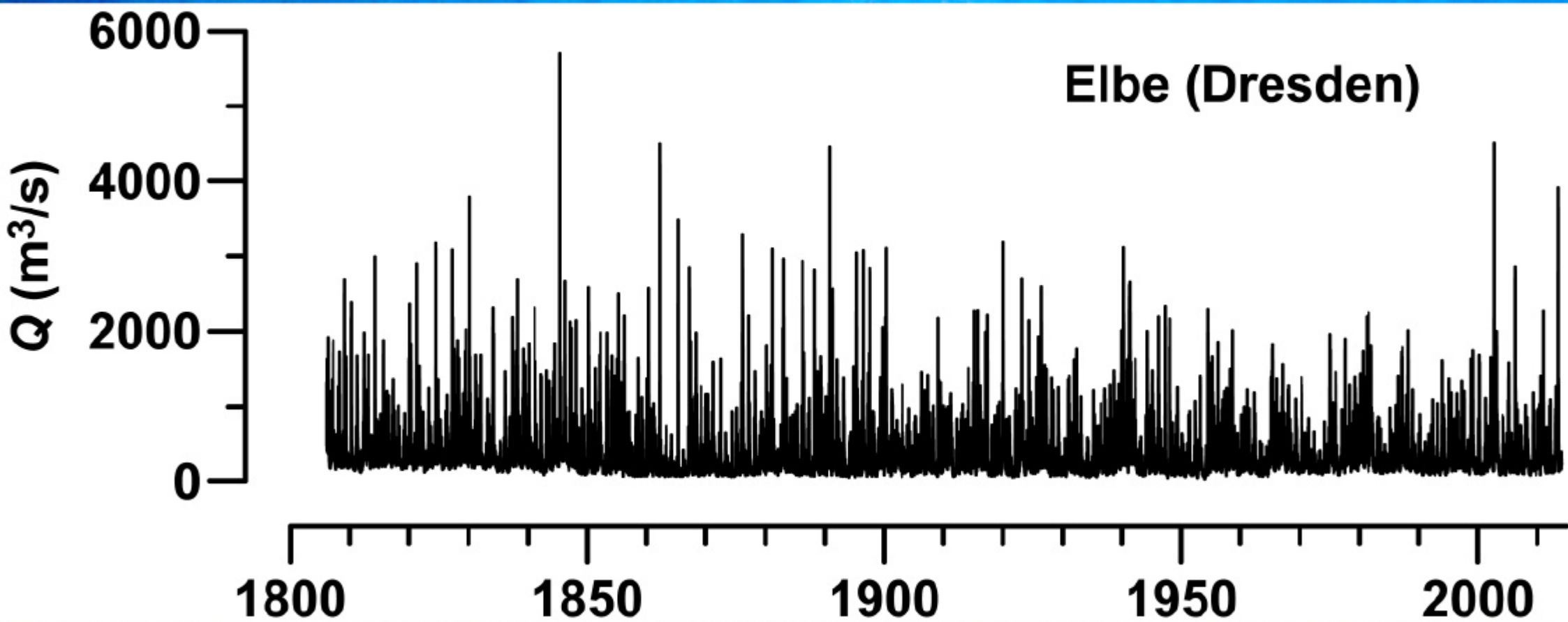
$Q = 4500 \text{ m}^3/\text{s}$

August 2002

Deutschland

11,6 Mrd. Euro





**Wie sah es weiter zurück
in der Vergangenheit aus?**

**Historische
Klimadokumente**

1784 & 28. - 29. Febr. & Meißen & Elbe: Eisgang u. Überschwemmung & & 1 & I, 5: 370 (2934)

Elbe. 28. Febr. 11 Uhr abends brach das Eis und trieb anfänglich bey zwar ziemlich heranwachsendem Wasser, welches am folgenden Tag [= 29. Febr.] früh schon hier und da in die Stadt trat, ganz ruhig, obgleich sehr gedrange fort, ..., bis um 9 Uhr, um welche Zeit auf einmal die reissende Fluth mit dem Eise, und was sie sonst bei sich führte, durch die Vorstadt zum Fleischer- und Jüdenthore in die Stadt hinein brach, und so über den kleinen Markt durch die Gassen, ..., rauschte. Diese traurige Periode hielt zunehmend bis um 11 Uhr des Vormittags an, in welcher Zeit die großen Eisschollen auch schon der Brücke, ..., dermaßen zusezten. Der Wasserwuchs dieser wüthenden Fluth dauerte, wie gesagt, bis 11 Uhr, alsdann fiel solcher wieder, bis des Nachmittags um 4 Uhr 1 Elle 12 Zoll, aber in einer Stunde darauf stellte sie sich von neuem, und fast noch schneller ein, ... Das Wasser stund aller Orten 3, 4, 5-6 Ellen hoch. Beyde Vorstädte, sowohl vor dem Fleischer- und Jüden- als vor dem Wasserthore, die Wasserburg und die Fischergasse, ..., stunden völlig, ..., zu 4-6 Ellen hoch unter Wasser ..., der Fleischersteg genannt, über die Triebisch, ward bald von der wilden Fluth eingestürzt. Die Stadt selbst stund außer dem großen Markte, der Burggasse und der Rosengasse bey der Stadtkirche, völlig eben so hoch unter Wasser. Das Jüdenthor bedeckte es völlig, und wenigstens noch eine Elle darüber. [9 Personen ertrunken]. **Größte Höhe der Fluth: 12 Ellen 10 Zoll.** Das Wasser stand in der Kirche 1 reichliche Elle höher als drittehalbe Ellen.

(C. G. Poetzsch 1784 "Chronolog. Geschichte d. großen Wasserfluthen d. Elbstroms etc." S. 150/53 u. 159.)

1784 & 28. - 29. Febr. & Dresden & Elbe: Eisgang u. Hochwasser & & 1 & I, 5: 370 (2935)

Elbe. Vormittags rührte sich auch das Eis hinter der Brücke und schob sich sehr ruhig, bis unter die Stadt hinunter; allein oberhalb derselben blieb es noch unbeweglich stehen. Des Nachmittags fiel sogar das Wasser wieder 9 Zoll, folglich bis an 1 Elle 15 Zoll herunter. 9 Uhr abends erfolgte der Aufbruch. Dieser gewaltige Aufbruch mit einem fast unglaublich schnellen Anwuchse des Wassers war erschrecklich.

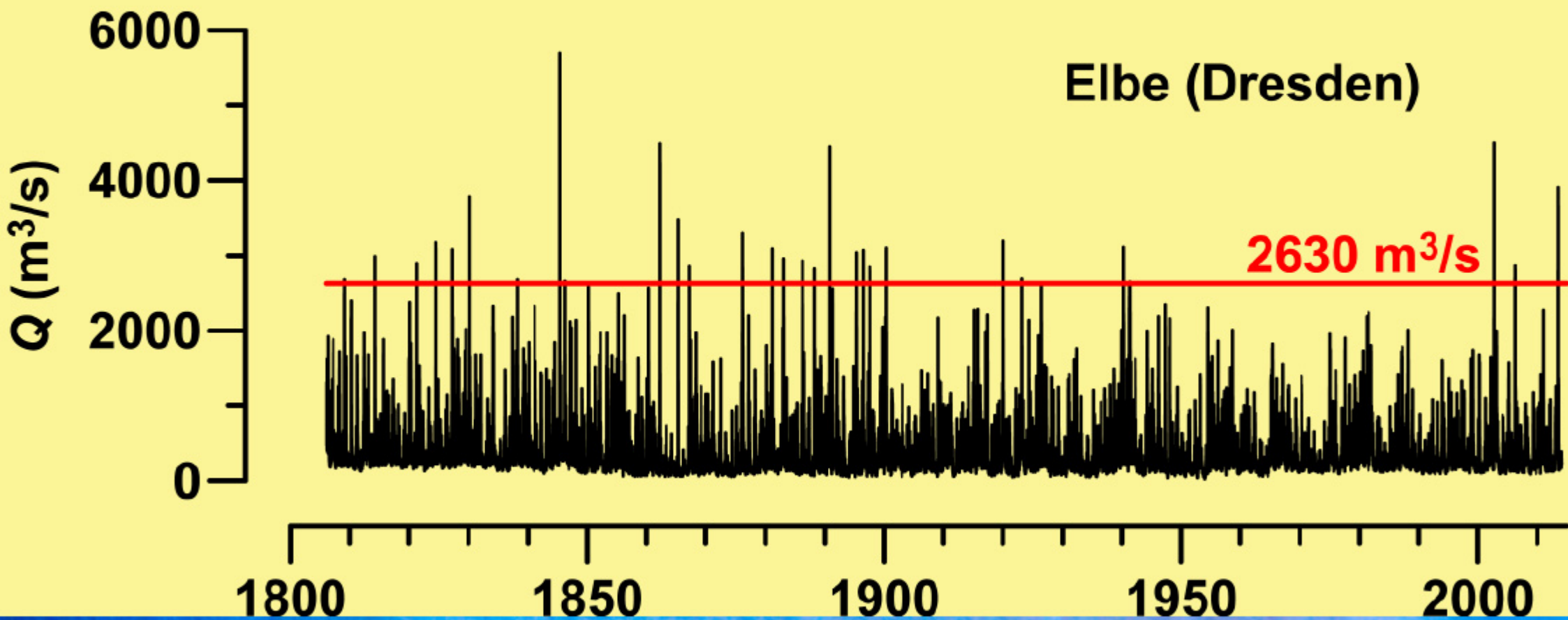
(C. G. Poetzsch 1784 "Chronolog. Geschichte d. großen Wasserfluthen d. Elbstroms etc." S. 117 u. 136.)

1784 & 28. - 29. Febr. & Dresden & Elbe: Eisgang u. Hochwasser & & 2 & I, 5: 370 (2936)

Es bricht die Elbe auf und wächst von 3 auf 9 Ellen Höhe mit unbegreiflicher Schnelligkeit.

(Dr. G. Klemm "Chronik d. etc. Residenzstadt Dresden", edid. P. G. Hilscher 1837. II. S. 513.)

(Fr. W. Pohle 1886 "Chronik von Loschwitz" S. 77. u. S. 79.)



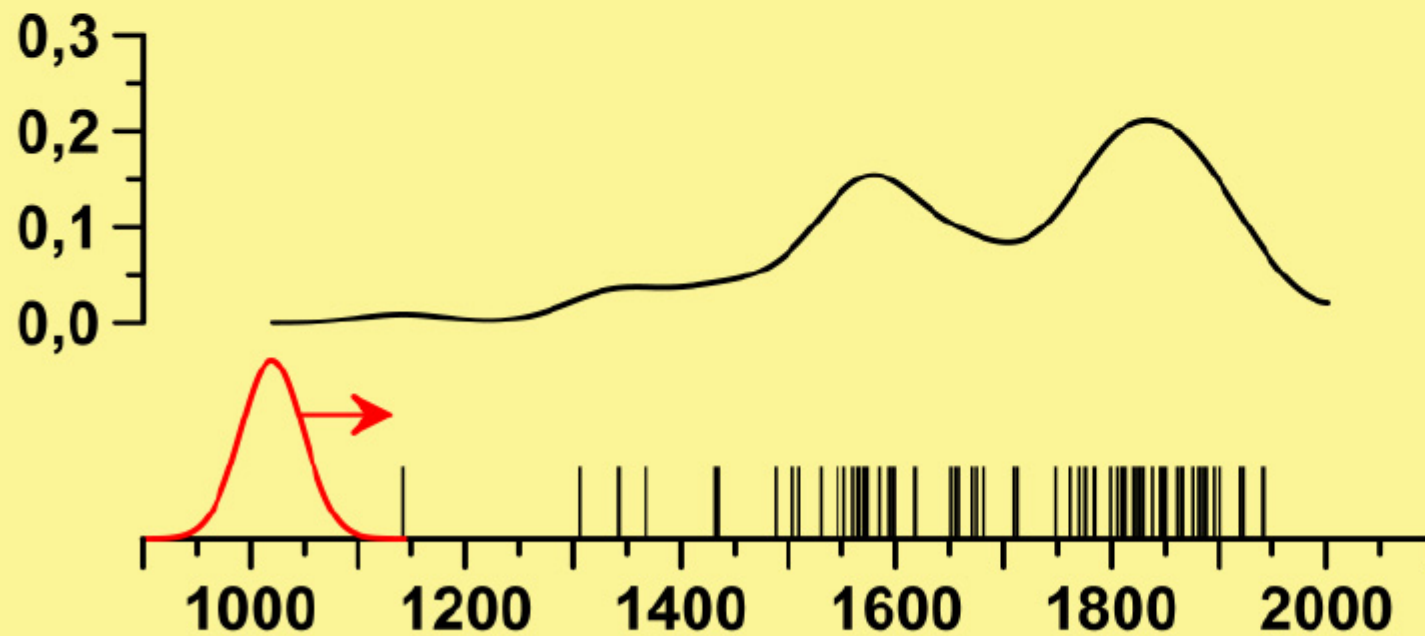
Mittlere Elbe

Schwere Hochwasser (über $2630 \text{ m}^3/\text{s}$)

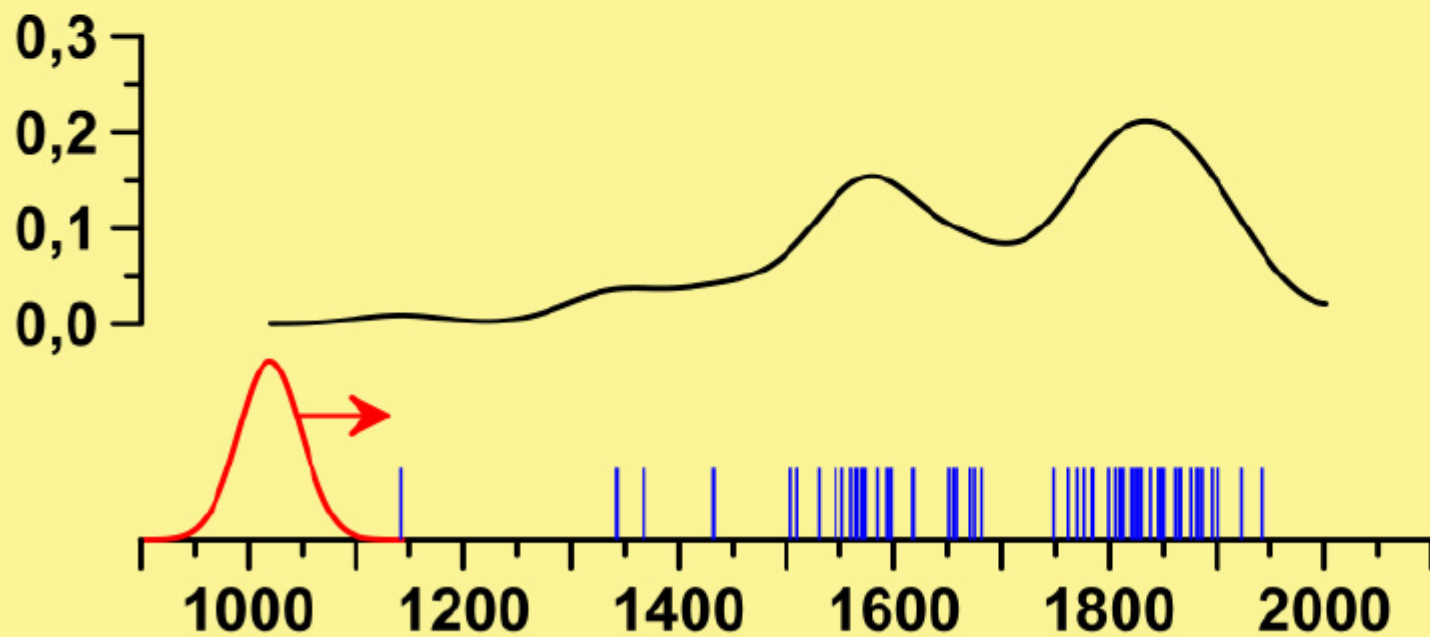
Winter (November bis April)



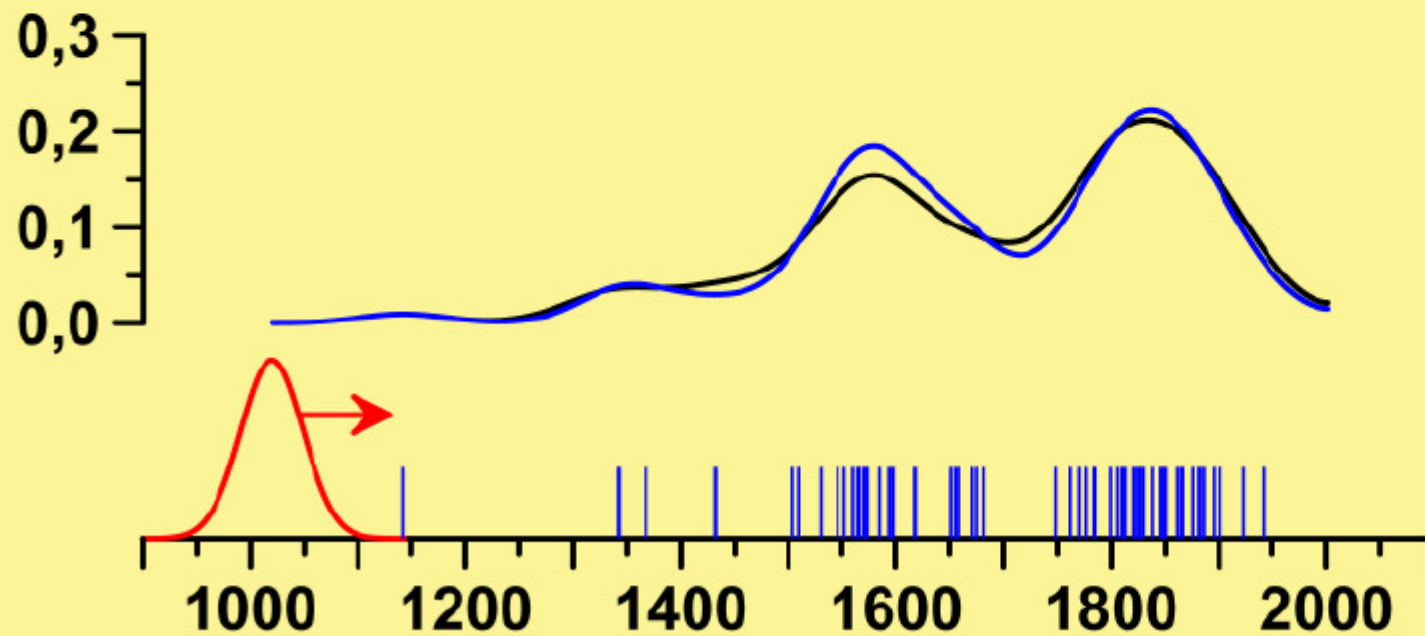
Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)



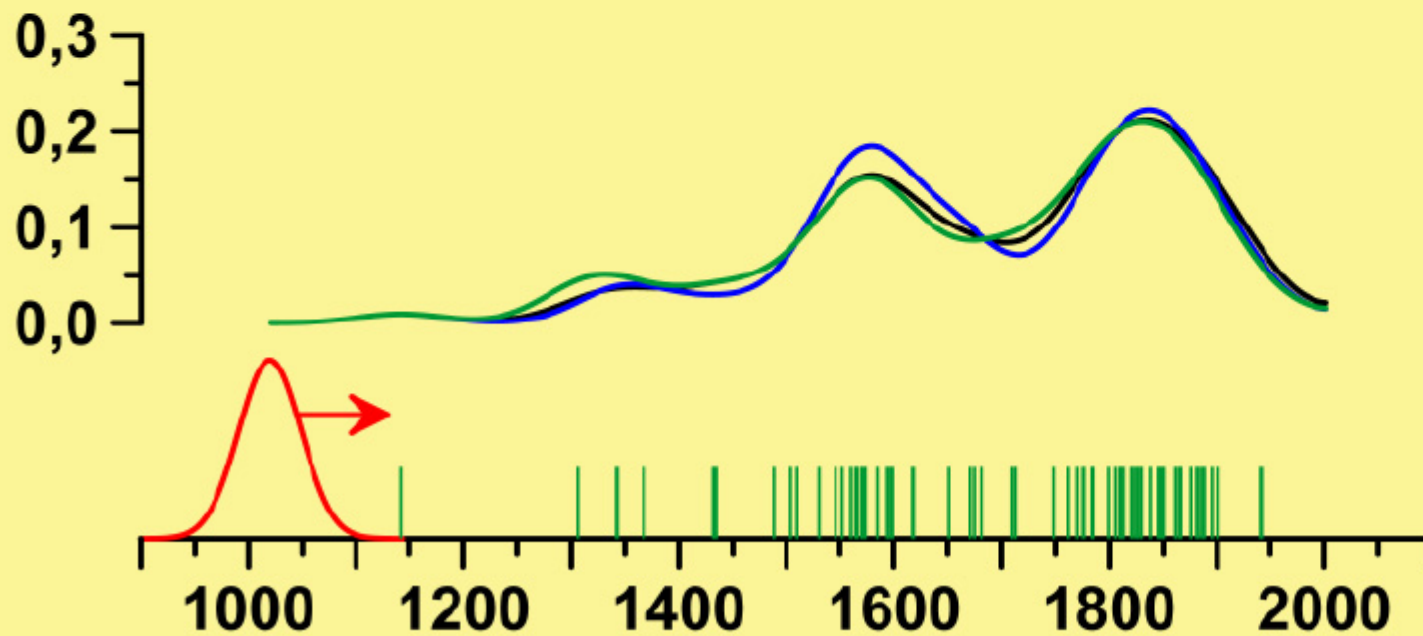
Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)



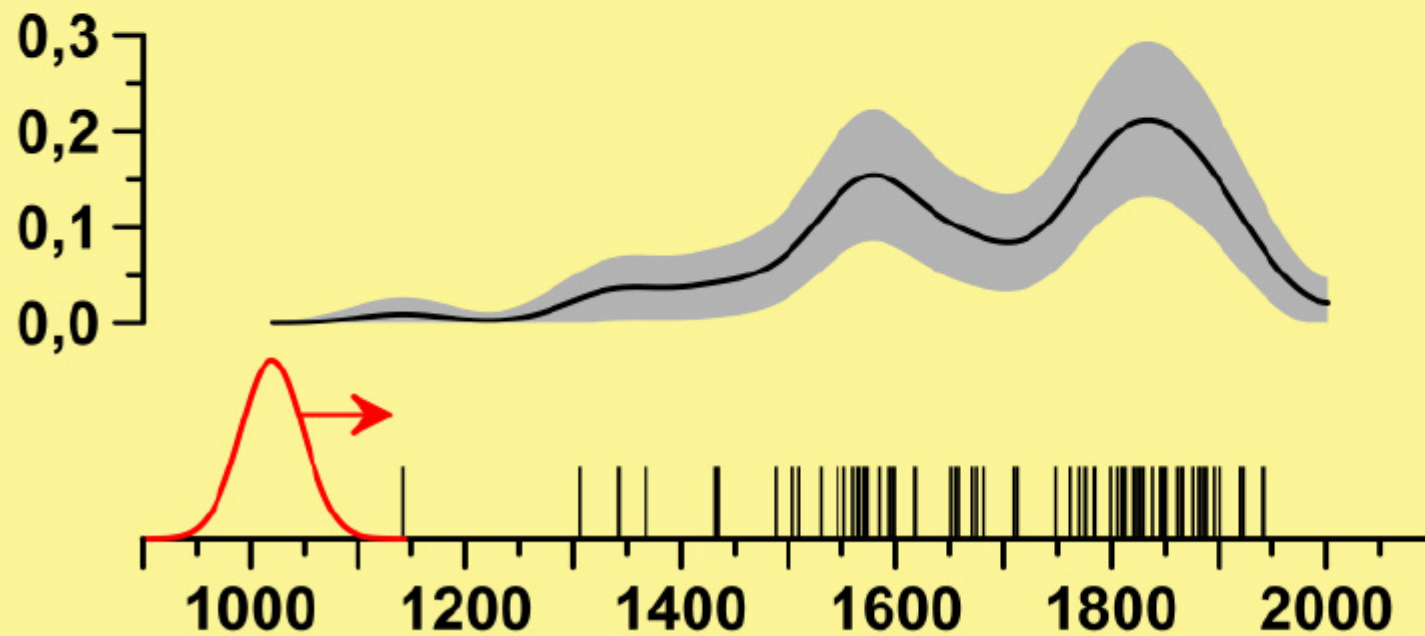
Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)



Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)

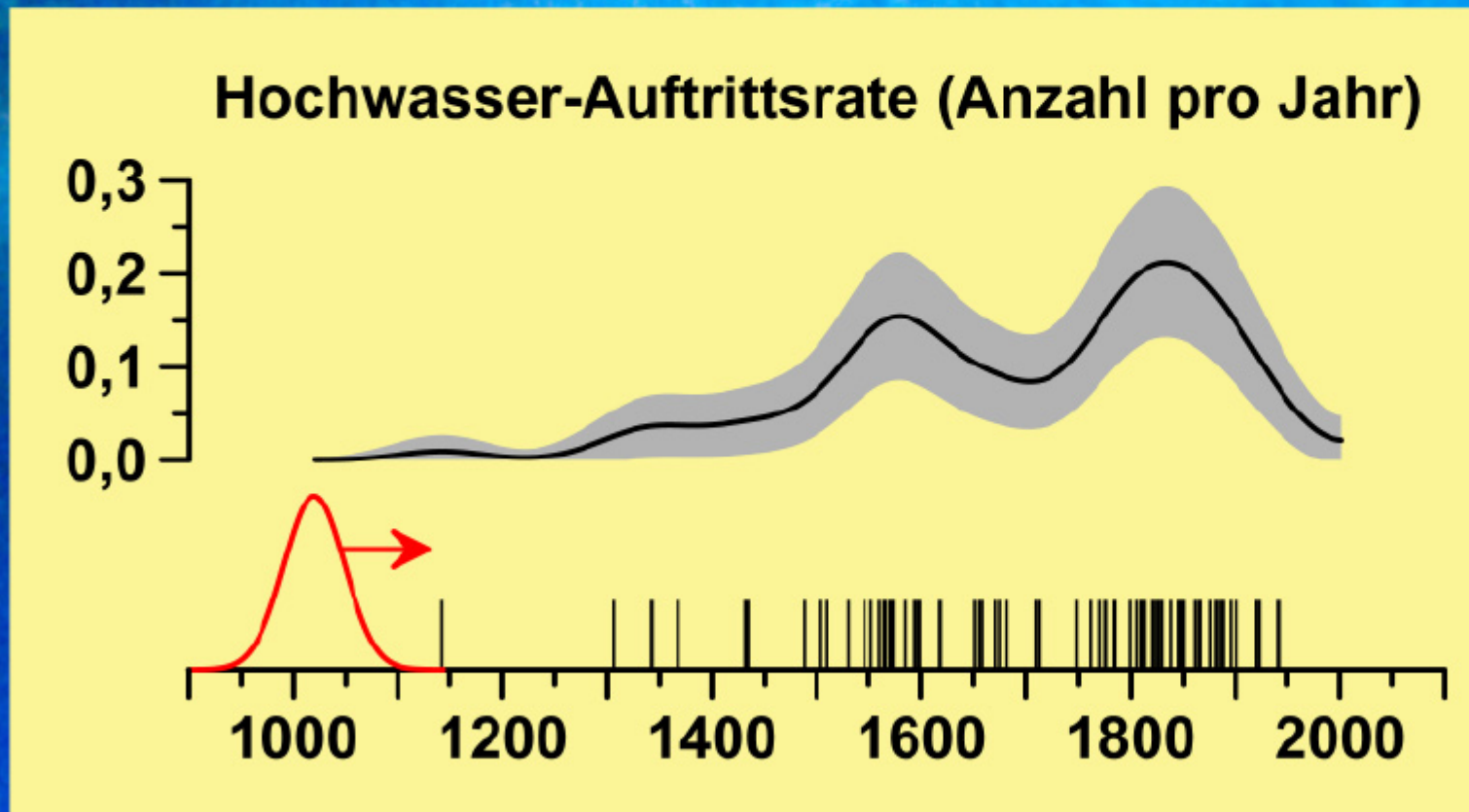


Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)

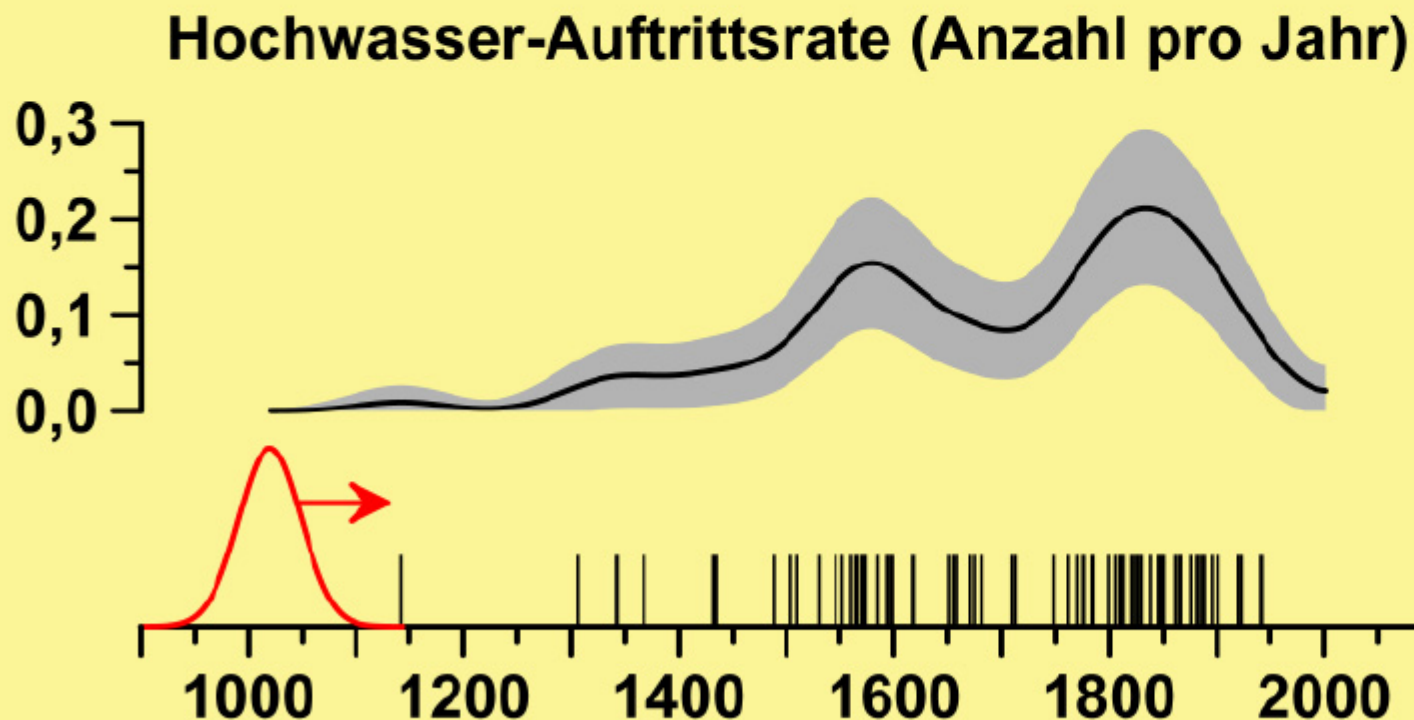


Statistische Schätzung

Simulationsrechnungen zur Bestimmung
der **Schätzunsicherheiten**



Schwere Elbe-Winterhochwasser: Abwärtstrend seit ca. 1820 seltenerere Vereisungen (Erwärmung)

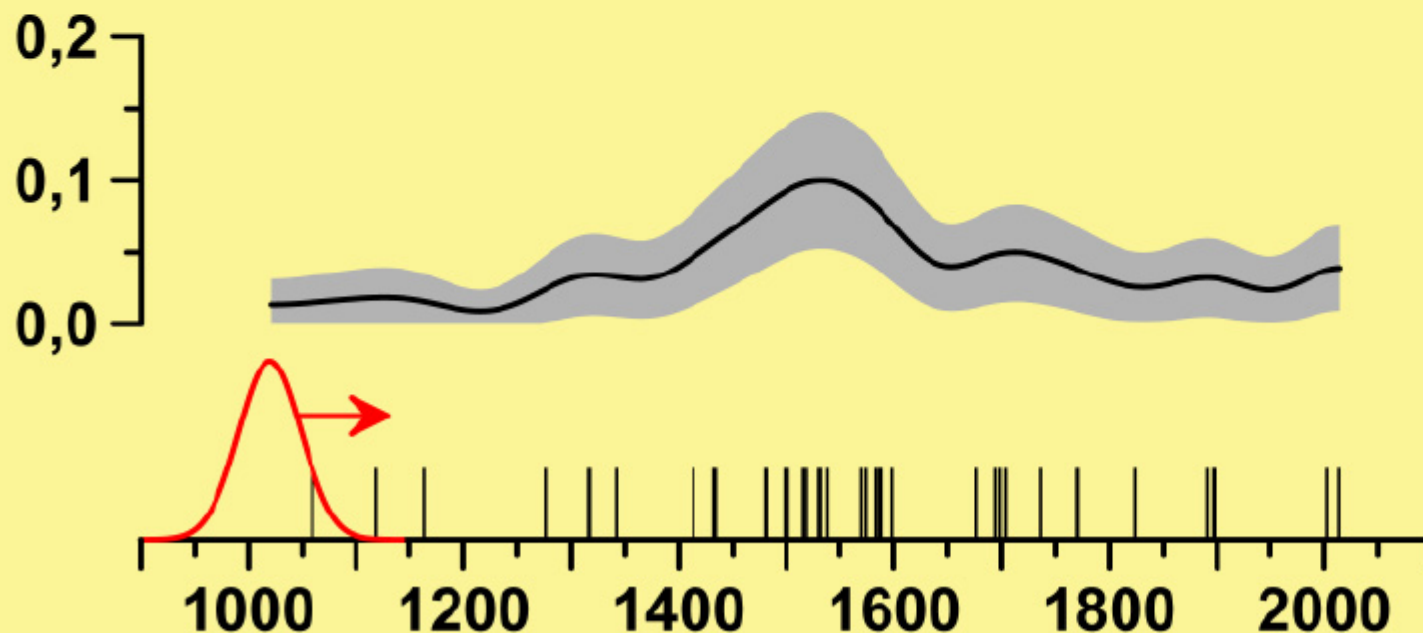


“Chance”

Schwere Elbe-Sommerhochwasser: kein klarer Trend seit ca. 1650

erhöhte Wasserdampfaufnahmefähigkeit (Erwärmung) noch nicht bemerkbar

Hochwasser-Auftrittsrate (Anzahl pro Jahr)



“Risiko”?

7

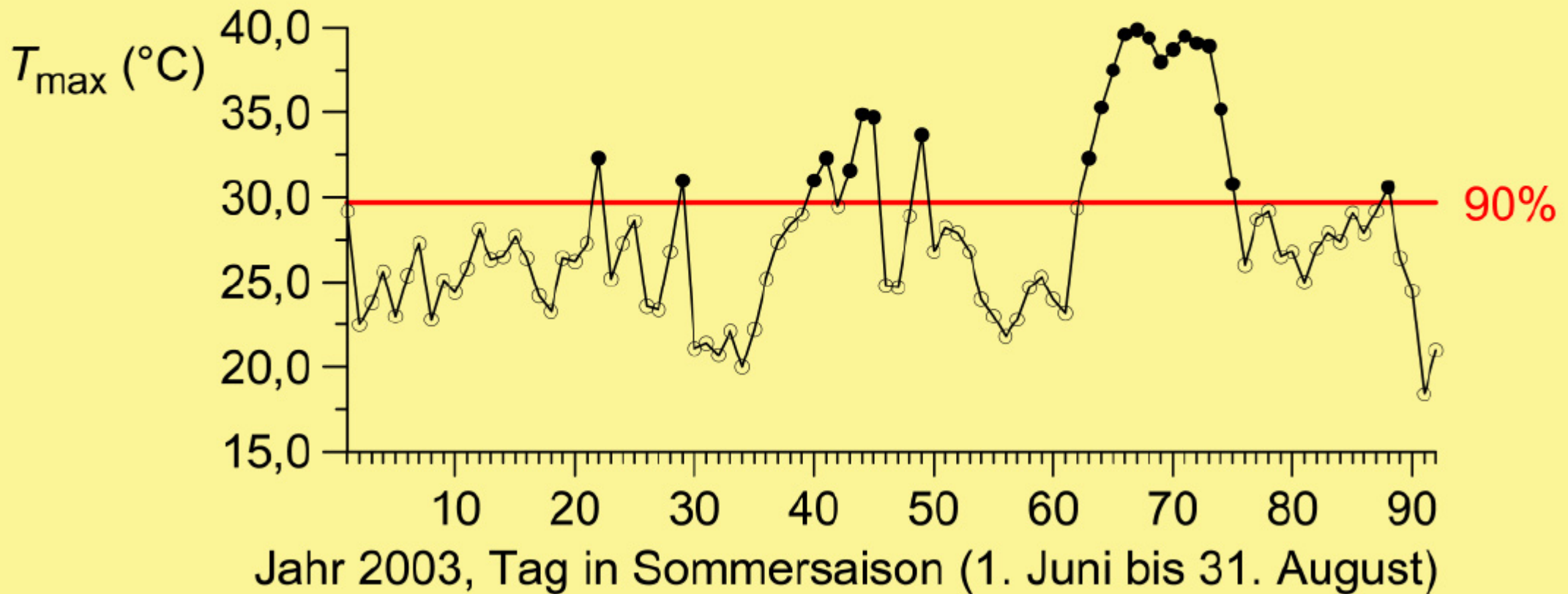
ANALYSE II

HITZEWELLEN

Orléans



Orléans



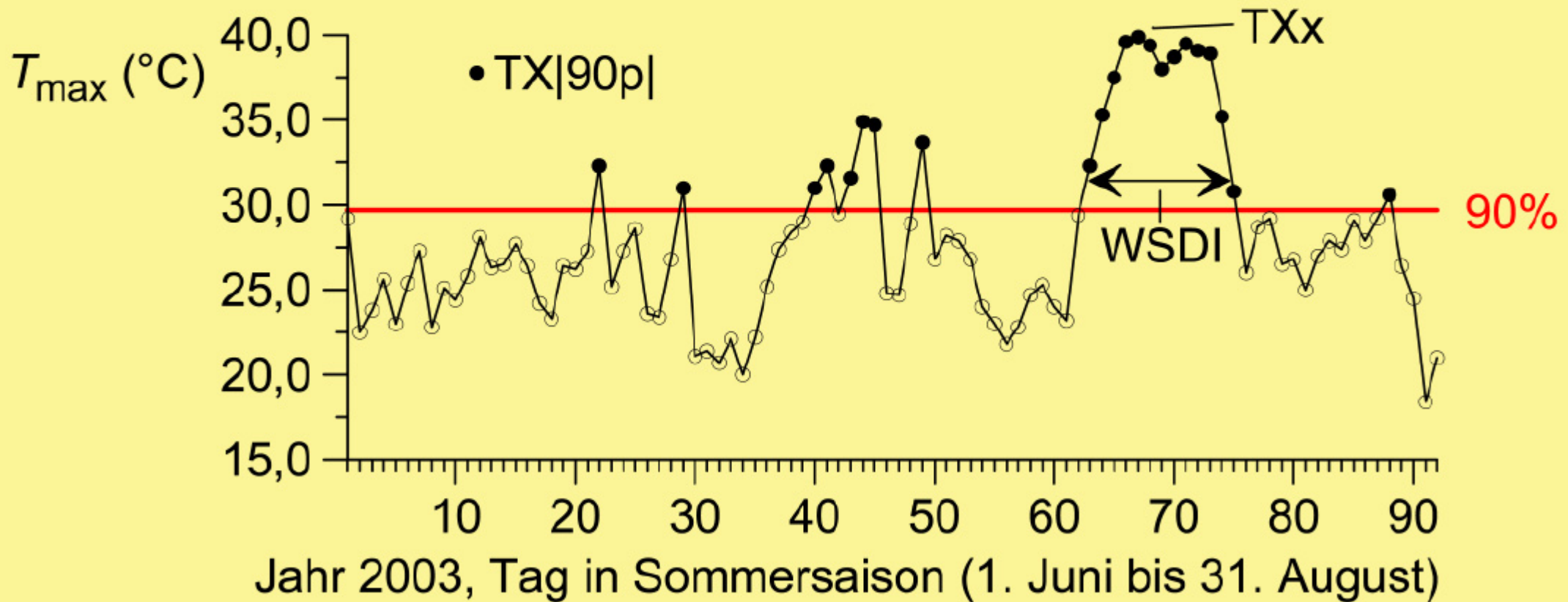
August 2003

Frankreich

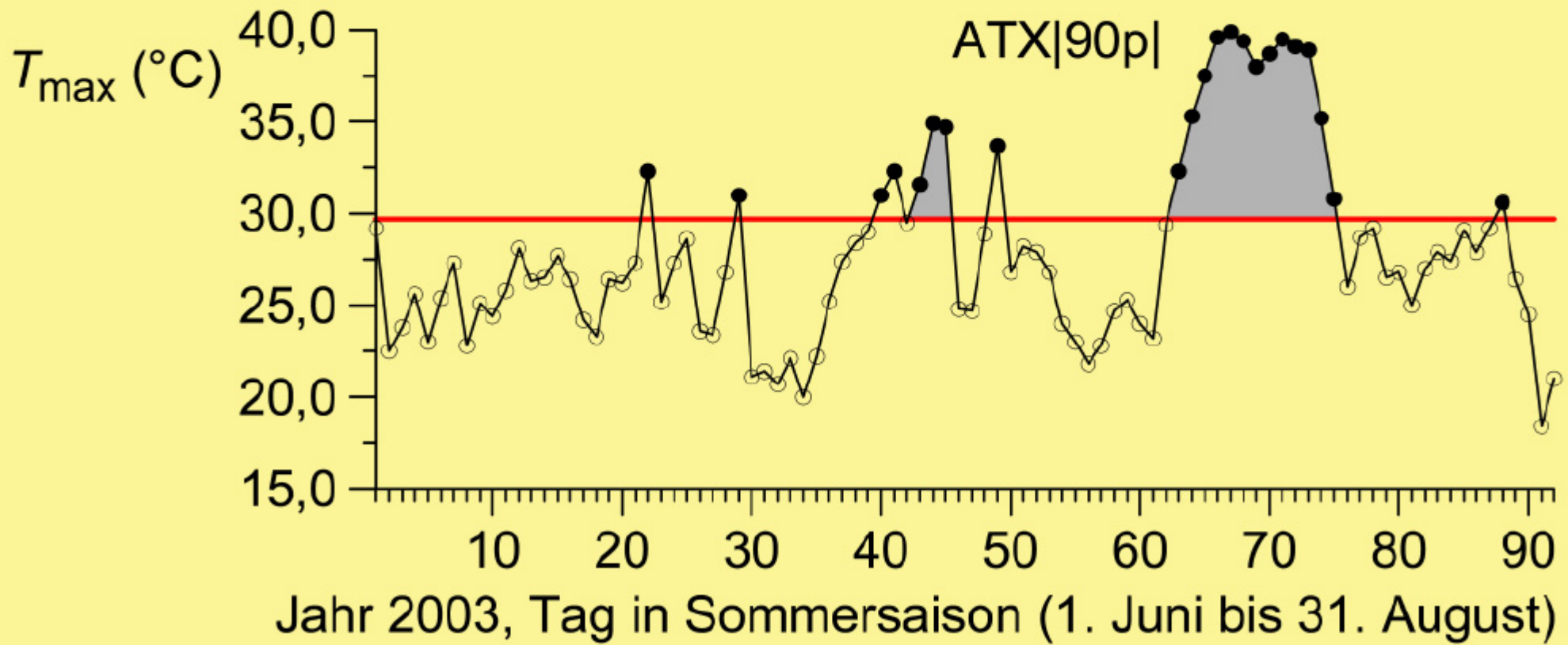
Übersterblichkeit:

15000 Tote

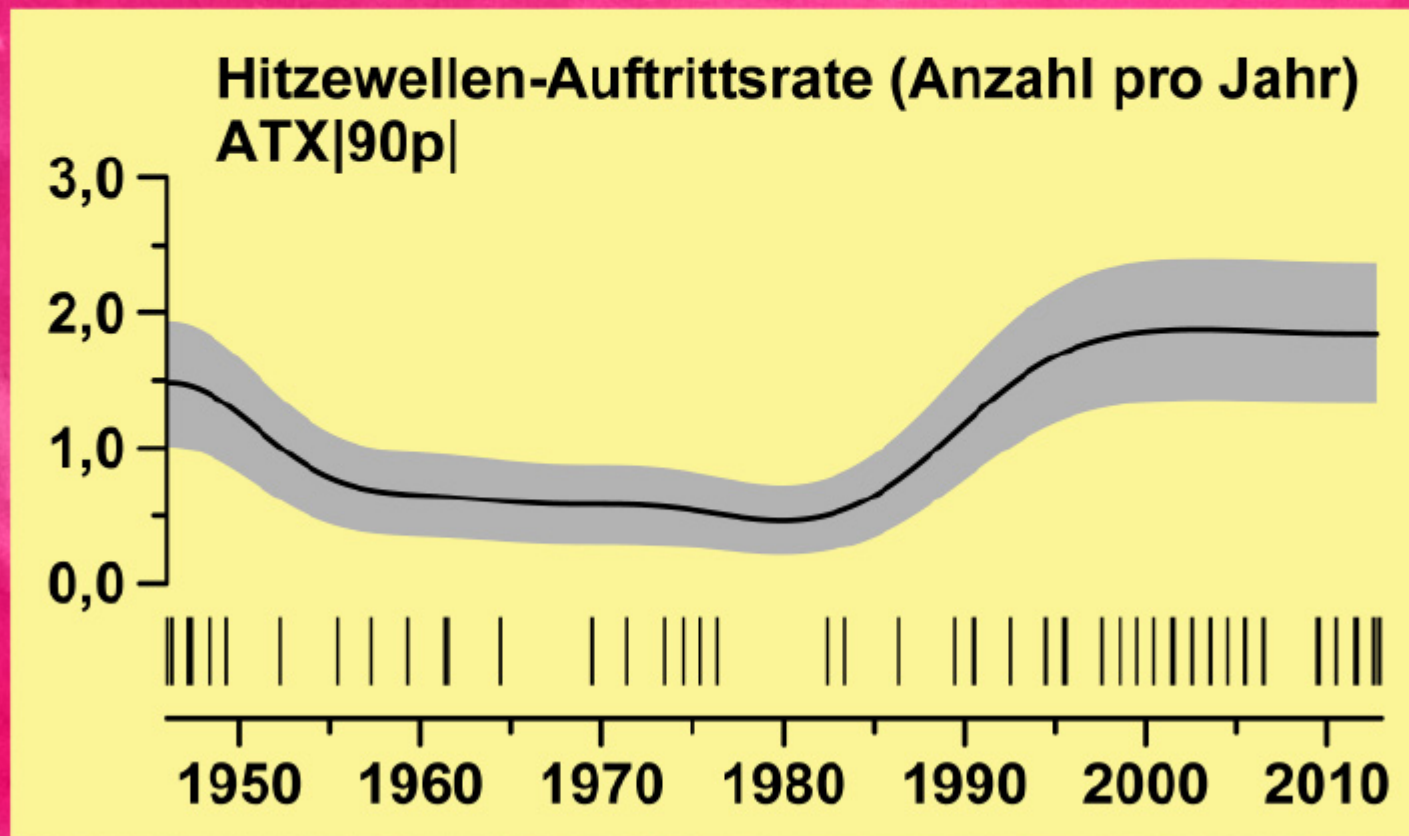
Orléans



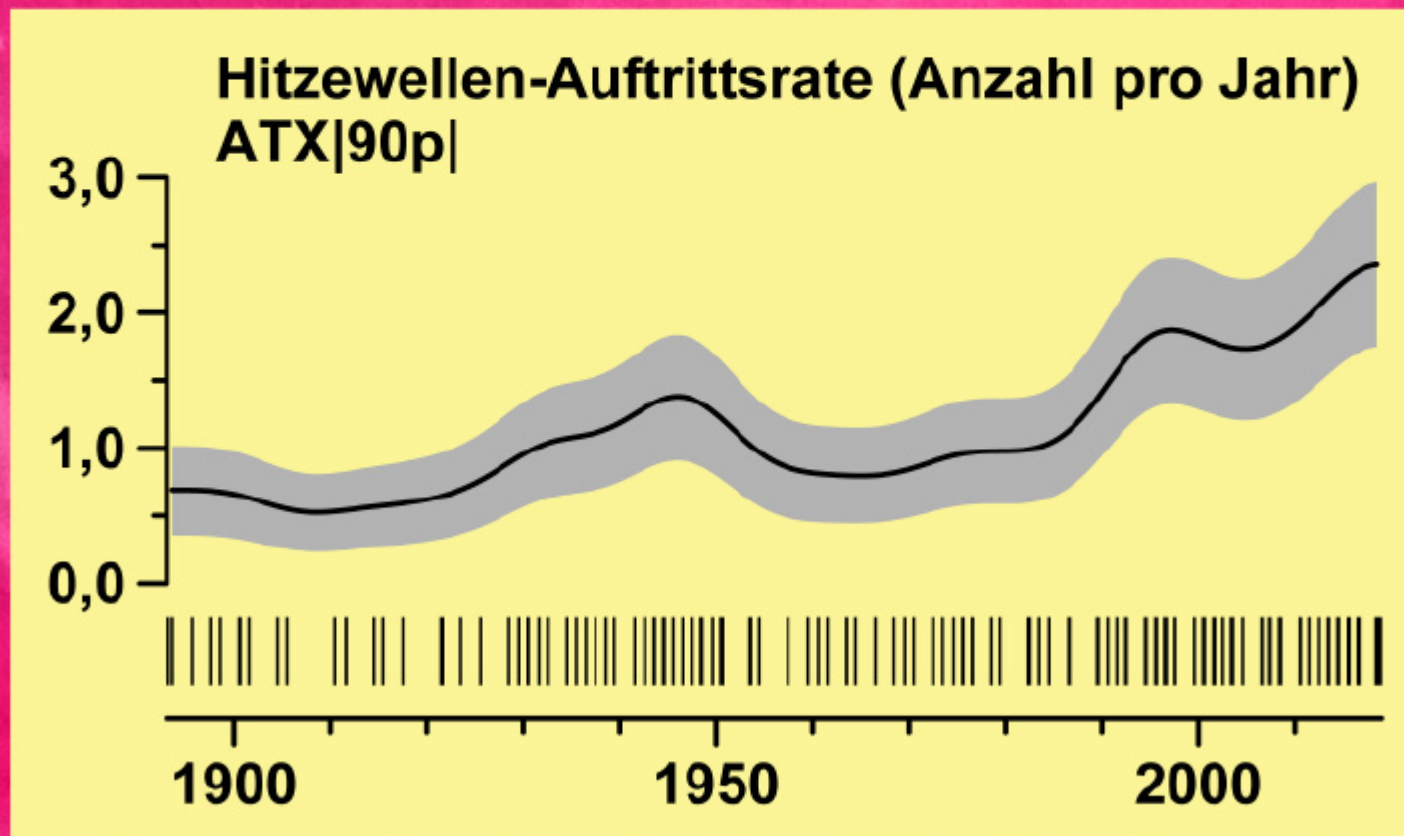
Orléans



Orléans



Potsdam



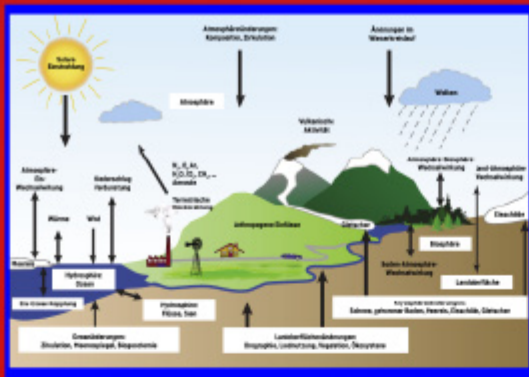
8

BEURTEILUNG

Klimawandel:

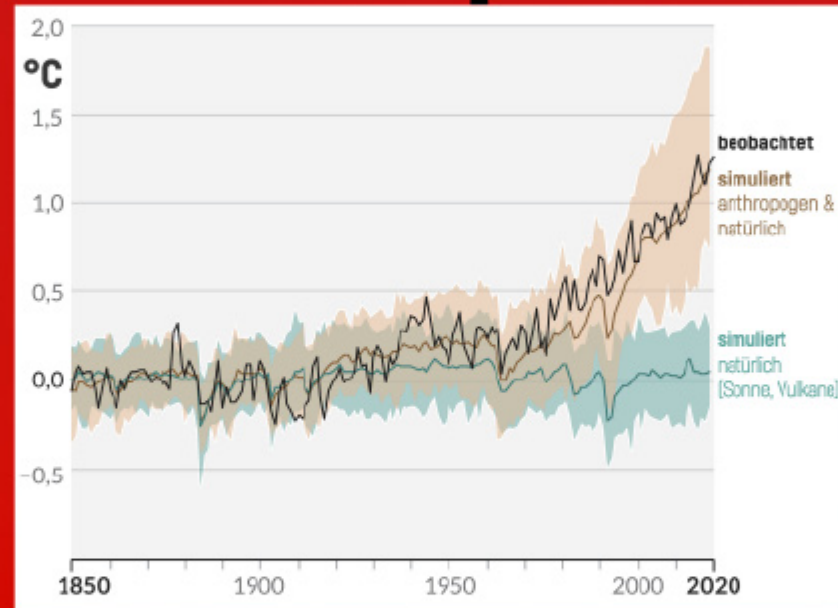
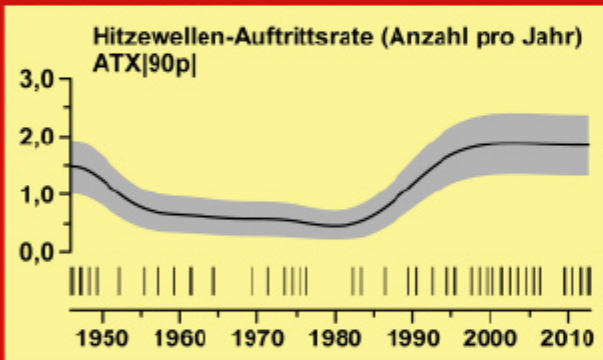
Analysen, Risiken, Chancen

Klimasystem

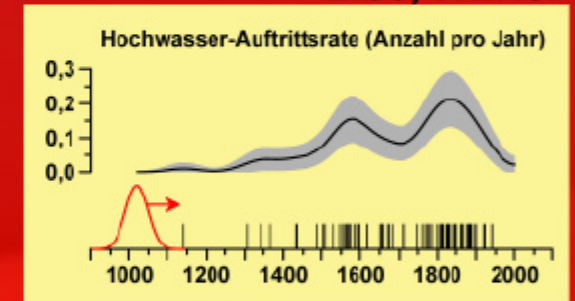


Temperatur

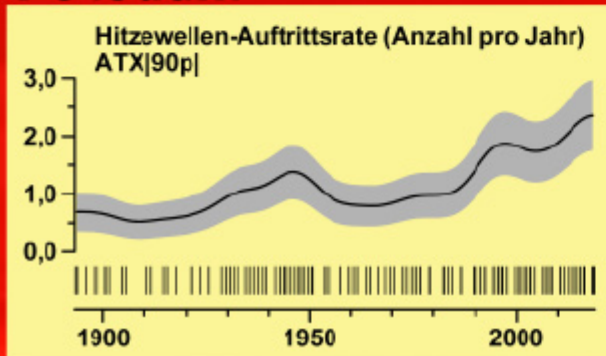
Orléans



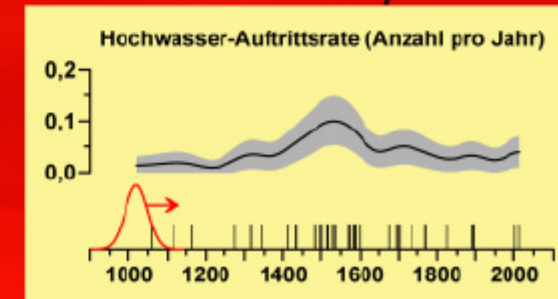
Elbe, Winter



Potsdam



Elbe, Sommer



TEMPERATUR-RISIKEN

besser nachweisbar, weil “näher an CO₂”

Hitzewellen

Temperaturrekorde

Korallenbleichen

4. globales Ereignis Februar 2023 bis April 2024

NIEDERSCHLAGS-RISIKEN

“CO₂-ferner”

höhere räumliche Variabilität als Temperatur

Hochwasser

extreme Niederschläge

Dürren

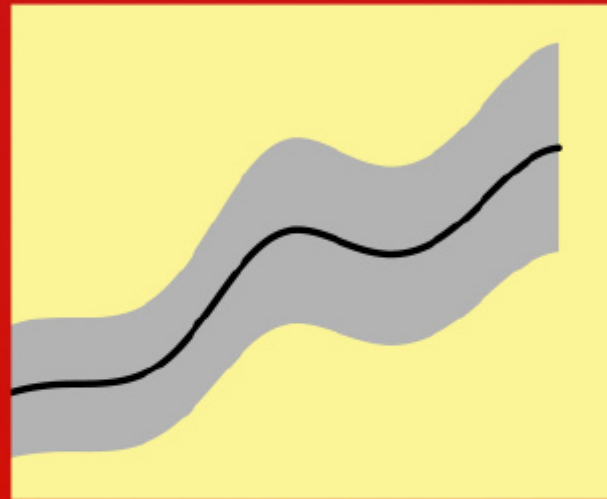
oft schwierig/nicht nachweisbar

UNSICHERHEITEN

Fehlerbalken

Konfidenzbänder

***P*-Werte**



Kommunikation essentiell

9

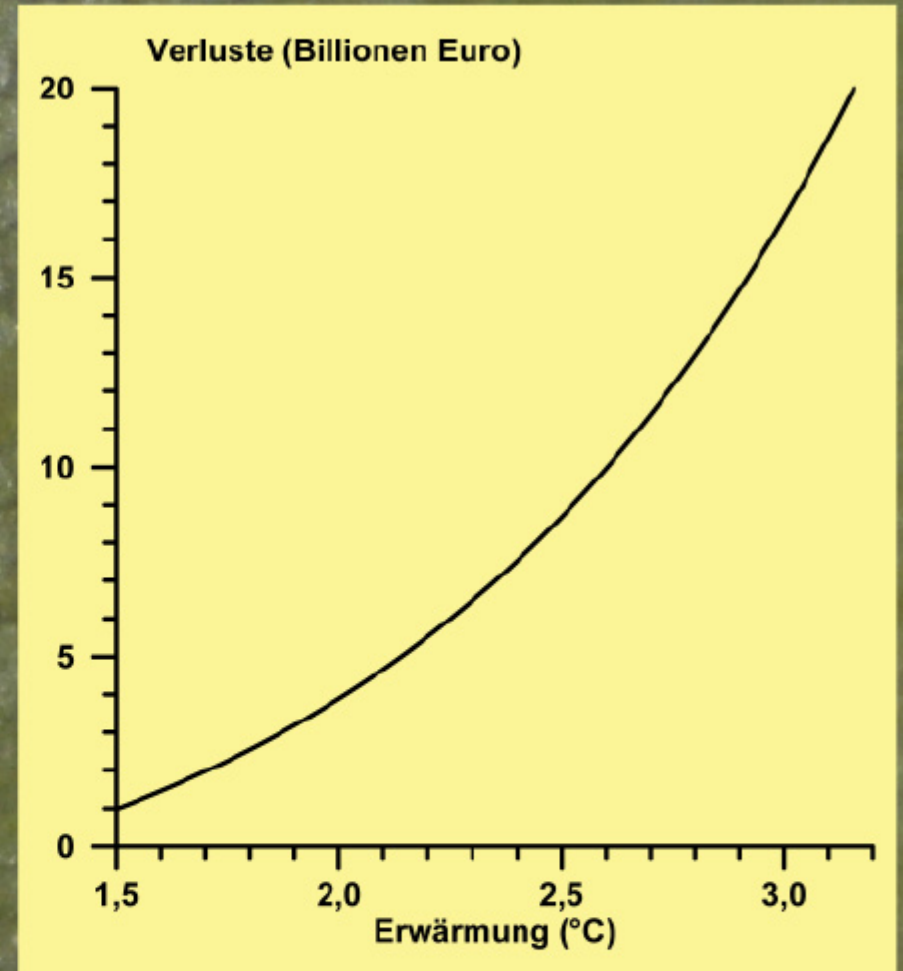
HANDLUNGSOPTIONEN

“Ich dachte, Wissen führt zum Handeln” (M. Latif)

Beschränkung auf Deutschland (M. M.)

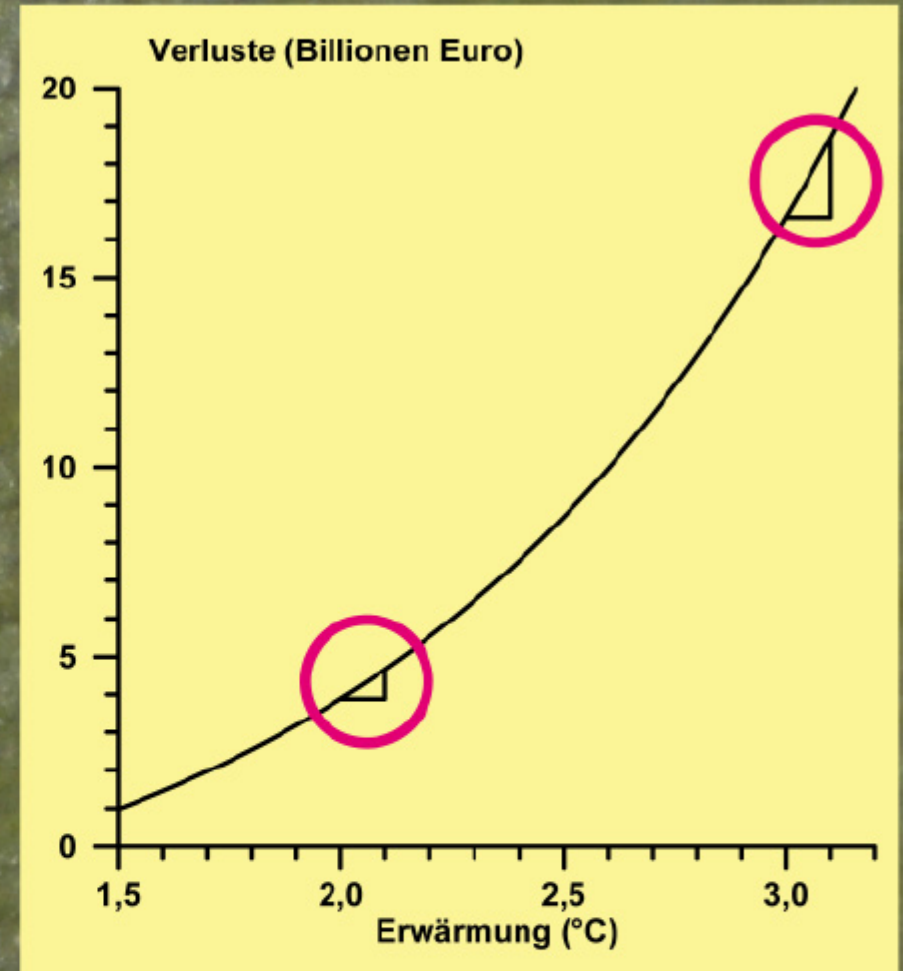
Option 1 Nichtstun

teuer



Option 2 Klimaschutz

jedes
Zehntelgrad
zählt



Option 2

Klimaschutz

Atomkraft

Tempolimit

Verbrenneraus

Option 2

Klimaschutz

CO₂-Speicherung
Weltall-Spiegel

Option 2

Klimaschutz

Aufforstung
Wiedervernässen von
Mooren

Option 2

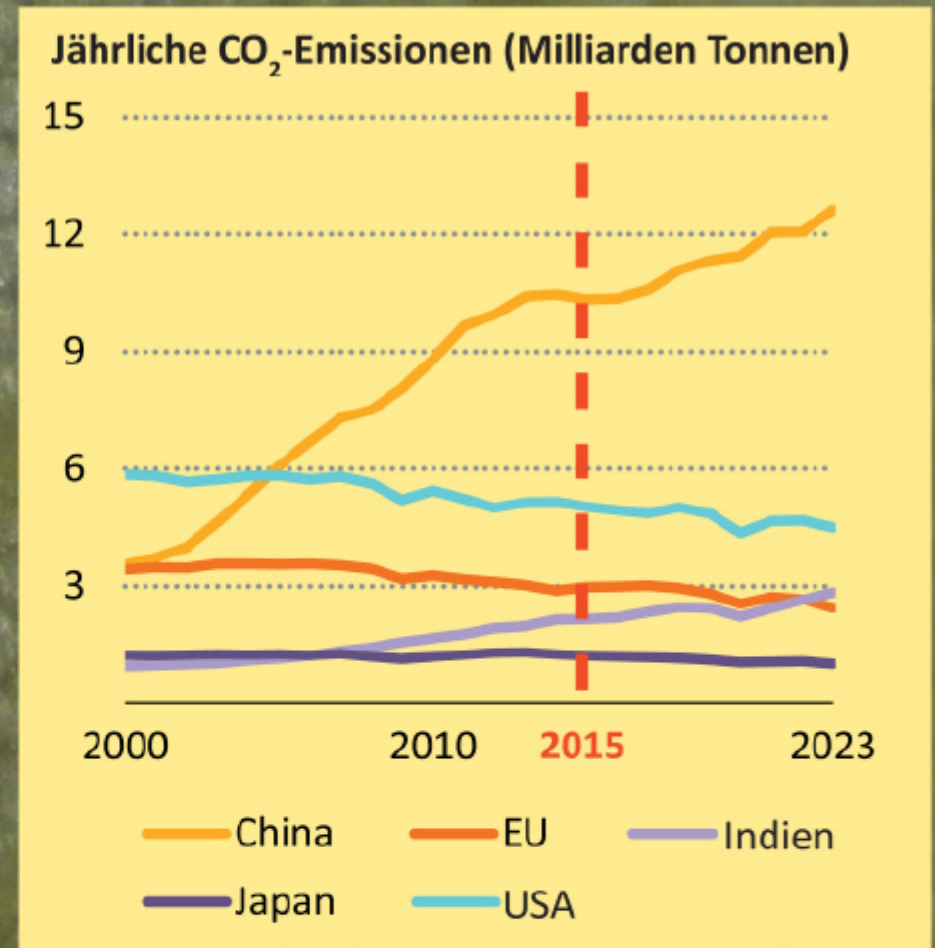
Klimaschutz

(a) Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

Paris, 12. 12. 2015

Option 2 Klimaschutz

Trägheiten



“Die 1,5-Grad-Zielmarke ist gescheitert” (J. Marotzke)

Option 3

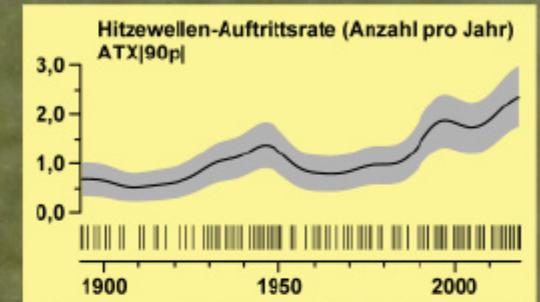
Klimaanpassung

(b) Increasing the **ability to adapt** to the adverse impacts of climate change and foster climate resilience and low greenhouse gas emissions development, in a manner that does not threaten food production; and

Paris, 12. 12. 2015

Option 3

Klimaanpassung



Analysen: Verlustminimierung

Es muss sich rechnen!

**National implementierbar
(immer noch Vorbild).**

**KLIMASCHUTZ
BLEIBT WICHTIG.**

**KLIMAAANPASSUNG
WIRD WICHTIGER.**



A

DANKSAGUNGEN

Diesen Vortrag hielt ich zuerst im Lions Club Wiesloch am 13. Mai 2024; ich danke dem Präsidenten Armin Wolf für die Einladung.

Mein Kollege Scott St. George beriet mich zu der Frage, wie interessierte Laien durch gestalterische Mittel erreicht werden können; und mein Kollege Han Dolman hielt im Jahr 2023 einen Onlinevortrag zum Thema Kohlendioxid, bei dem ich zugegen war. Beiden danke ich sehr für die erhaltenen Einblicke.

Ich danke folgenden Menschen, dass ich von ihnen lernen konnte: meiner Schwester Steffi Soder; meiner Grundschullehrerin Ruth Mack; am Gymnasium meinen Lehrern in Physik Rudolf Löhken und in Mathematik Hartmut Mackh; an der Universität Heidelberg meinem Diplombetreuer Augusto Mangini sowie Karl Otto Münnich und Walter Roedel; an der Universität Kiel meinen Promotionsbetreuern Karl Stattegger und Michael Sarnthein-Lotichius sowie Pieter Grootes und Peter Stoffers; an der University of Kent at Canterbury meinen Postdoc-Gastgebern Howell Tong und Qiwei Yao sowie meinem Kollegen Cees Diks; an der Universität Leipzig meinem Gastgeber Gerd Tetzlaff sowie meinem Kollegen Michael Börngen; an der Boston University meiner Gastgeberin Maureen Raymo; sowie meinen zahlreichen nationalen und internationalen Kolleginnen und Kollegen, von denen ich hier namentlich erwähne: Mersku Alkio, Gerald Haug, Gerrit Lohmann, Michael Schulz und Martin Trauth.

Dieser Vortrag ist ein Beitrag zu dem Projekt GreenSCENT, welches mit Mitteln aus dem Horizont-2020-Programm der EU unter der Finanzhilfvereinbarung Nr. 101036480 gefördert wird. Ich danke weiterhin folgenden anderen Organisationen für die finanzielle Förderung meiner Forschungen: British Antarctic Survey, Climate Service Center Germany, Deutsche Forschungsgemeinschaft,

Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Risk Prediction Initiative und Royal Society (London).

Bad Gandersheim, den 19. Mai 2024

Manfred Mudelsee



B

ANMERKUNGEN

Bildbearbeitung Ausschnitt (nicht angegeben):

Manfred Mudelsee

Bildbearbeitung (andere, in Klammern):

Manfred Mudelsee

Bildnachweise (wenn nicht angegeben):

Manfred Mudelsee

Bildrechte (fremde):

Die mit den einzelnen Bildern verknüpften Rechte können bei den angegebenen, rechteinhabenden Institutionen und Personen nachgefragt werden; im Falle der mit weitgehenden Rechten verbundenen Lizenz CC BY 4.0 ist dies hier gesondert angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Vortrag sämtliche Bildrechte fremder Institutionen und Personen respektiert; eventuelle Beschwerden sind zu richten an Manfred Mudelsee (Anhang C).

Rechte (eigene):

Dieser Vortrag wird als gesicherte PDF-Datei gezeigt und auf der Internetseite <https://www.manfredmudelsee.com> von Manfred Mudelsee (Anhang C) zum Herunterladen gestellt. Insofern es die fremden Bildrechte (siehe oben) nicht betrifft, ist die mit der Datei verknüpfte Lizenz CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>) plus eine Zusatzbedingung. Mit dieser Lizenz darf man das Werk herunterladen und weitergeben unter der Bedingung, dass der Urheber des Werks genannt wird; die Zusatzbedingung ist, dass ein Link gesetzt wird auf die Seite <https://www.manfredmudelsee.com>. Das Werk darf nicht bearbeitet, verändert oder kommerziell genutzt werden.

Hintergrundbild, Seite 0-1 (und weitere):

Dhwee/Getty Images

Schriftart, Seite 0-1 (und weitere):

Fabrikat Kompakt von HvD Fonts

Schriftart, Seite 1-1 (und weitere):

Livory von HvD Fonts

Hintergrundbild, Seite 1-2 (und weitere):

Tom-Luis Künkler

Foto, Seite 1-2:

Rhein-Neckar-Zeitung

(Hervorhebung Bildelement)

Foto, Seite 1-3:

Presse-Foto Pfeifer

(Hervorhebung Bildelement)

Scan, Seite 1-4:

Universität Heidelberg

(Hervorhebungen Text)

Foto, Seite 1-5:

privat

(Hervorhebung Bildelement)

Scan, Seite 1-6:

Mudelsee M (2000) Ramp function regression: A tool for quantifying climate transitions. Computers and Geosciences 26: 293–307

(Hervorhebung Text)

Scan, Seite 1-7:

**Mudelsee M, Börngen M, Tetzlaff G, Grünewald U (2003) No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. Nature 425: 166-169
[Hervorhebungen Text]**

Scan, Seite 1-8:

**Leščešen I, Basarin B, Pavić D, Mudelsee M, Pekarova P, Mesaroš M (2024) Are extreme floods on the Danube River becoming more frequent? A case study of Bratislava station. Journal of Water and Climate Change 15: 1300 [doi:10.2166/wcc.2024.587]
[Hervorhebung Text]**

Buchabbildung, Seite 1-9 :

Springer International Publishing

Foto, Seite 1-9:

Laura Brundrett

Hintergrundbild, Seite 3-2 (und weitere):

Tom-Luis Künkler

Abbildung, Seite 3-4:

Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daten, Seite 3-4:

doi.org/10.6075/J08W3BHW (26. April 2024)

Abbildung, Seite 3-5:

Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daten, Seite 3-5:

doi.org/10.6075/J08W3BHW (26. April 2024),

doi.org/10.25919/5bfe29ff807f (26. April 2024)

Abbildung, Seite 3-8:

Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daten, Seite 3-8:

doi.org/10.6075/J08W3BHW (26. April 2024),

doi.org/10.25919/5bfe29ff807fb (26. April 2024),

doi.org/10.1038/nature06949 (26. April 2024)

Foto, Seite 3-9:

Luftschlüsse in einem Eisbohrkern aus der Antarktis: Das Eis ist bis zu 24000 Jahre alt.

Bernhard Bereiter/Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego/Empa/Universität Bern

Foto (Sonne), Seite 4-3 (und weitere):

Mit freundlicher Genehmigung von NASA/SDO und den Wissenschaftsteams von AIA, EVE und HMI. https://sdo.gsfc.nasa.gov/assets/img/latest/latest_1024_0304.jpg

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abbildung, Seite 4-9:

Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Chen Y, Goldfarb L, Gomis MI, Matthews JBR, Berger S, Huang M, Yelekçi O, Yu R, Zhou B (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. 1–2, Cambridge University Press, Cambridge, 2391 S.
(darin Abb. 1.6 Mitte; ins Deutsche übersetzt)

Abbildung, Seite 4-10 (Newton):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Isaac_Newton_Line_engraving_by_A._M._Monsaldi_after_E._Wellcome_V0004274.jpg

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abbildung, Seite 4-10 (Herschel):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:William_Herschel01.jpg

Abbildung, Seite 4-10 (Fourier):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_Fourier.jpg

Abbildung, Seite 4-10 (Foote):

Alamy Limited

Abbildung, Seite 4-10 (Tyndall):

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Tyndall_\(scientist\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Tyndall_(scientist).jpg)

Abbildung, Seite 4-10 (Maxwell):

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James-Clerk-Maxwell-1831-1879.jpg>

Abbildung, Seite 4-10 (Planck):

Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, VI. Abt., Rep. 1, Planck, Max I.1/25

Abbildung, Seite 4-10 (Arrhenius):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Svante_Arrhenius_01.jpg

Abbildung, Seite 4-10 (Callendar):

G.S. Callendar Archive, University of East Anglia

Abbildung, Seite 4-10 (Masson-Delmotte):

Bruno Levy/Divergence Images

Abbildung, Seite 4-13 (und weitere):

Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Chen Y, Goldfarb L, Gomis MI, Matthews JBR, Berger S, Huang M, Yelekçi O, Yu R, Zhou B (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. 1–2, Cambridge University Press, Cambridge, 2391 S.
(darin Abb. SPM.1b; ins Deutsche übersetzt)

Abbildung, Seite 5-2 (und weitere):

Solomon S, Qin D, Manning M, Marquis M, Averyt K, Tignor MMB, Miller HLeR Jr, Chen Z (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 996 S.
(darin Abb. FAQ 1.2 auf S. 104; ins Deutsche übersetzt, Hervorhebungen Text)

Foto, Seite 6-3:

Brühlsche Terasse Dresden

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20020817100NR_Dresden_Hochwasser_Br%C3%BChlsche_Terrasse.jpg

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abbildung, Seite 6-6:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Elbe_Einzugsgebiet.png

(Hervorhebung dreier Städte)

Daten, Seiten 6-7 und 6-11:

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, WSV, bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG

Abbildung, Seite 6-9:

Stadtarchiv Nürnberg, F/1/49

Textzitate, Seite 6-10:

Weikinn C (2000) Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahr 1850: Hydrographie, Teil 5 (1751–1800). Gebrüder Borntraeger, Berlin (herausgegeben und bearbeitet von Michael Börngen und Gerd Tetzlaff), 674 S.
(Hervorhebungen Text)

Foto, Seite 7-2:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:France_Orleans_panorama_01.jpg

Literaturhinweis (Übersterblichkeit), Seite 7-4:

Fouillet A, Rey G, Laurent F, Pavillon G, Bellec S, Guihenneuc-Jouyaux C, Clavel J, Jouglu E, Hémon D (2006) Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. International Archives of Occupational and Environmental Health 80: 16–24.

Hintergrundbild, Seite 9-1 (und weitere):

Tom-Luis Künkler

Textzitat, Seite 9-1:

Die Zeit, 2. Mai 2024, Seite 38

Hinweis, Abbildung, Seiten 9-2 und 9-3:

Die Verlustangaben sind grobe Schätzungen.

Abbildung, Seiten 9-7 und 9-9:

Vereinte Nationen (2015) Paris Agreement (Artikel 2)
(Hervorhebungen Text)

Textzitat, Seite 9-8:

**Pressekonferenz auf der Extremwetterkonferenz, Hamburg, 27.
September 2023**

Abbildung, Seite 9-8:

**International Energy Agency (2023) CO₂ Emissions in 2023, 22 S.
(darin Abb. 16 links; ins Deutsche übersetzt, das Jahr 2015 mar-
kiert, die Länder-Legende angepasst)**

Lizenz: CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



C

KONTAKT



Dr. Manfred Mudelsee
Climate Risk Analysis
Kreuzstrasse 27
Heckenbeck
37581 Bad Gandersheim
Deutschland

Telefon: +49 5563 9998140

E-Mail: mudelsee@climate-risk-analysis.com

URL: <https://www.manfredmudelsee.com>