

**DER KLIMAWANDEL ALS
GLOBALES PROBLEM UND
SEINE BEHANDLUNG IM
GEOGRAPHIEUNTERRICHT**

DR. WOLFGANG GERBER, NOVEMBER 2016

DER KLIMAWANDEL ALS GLOBALES PROBLEM UND SEINE BEHANDLUNG IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Gliederung

1. Das Thema im Geographieunterricht
2. Basiswissen zum Thema Klimawandel
3. Gedanken zu möglichen Klimawandelursachen
4. Der Klimawandel in der öffentlichen Diskussion
5. Bildungsangebote und Materialien zum Klimawandel

1. DAS THEMA IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Wandel von Klima- und Vegetationsmerkmalen auf der Erde

zeitlicher Wandel

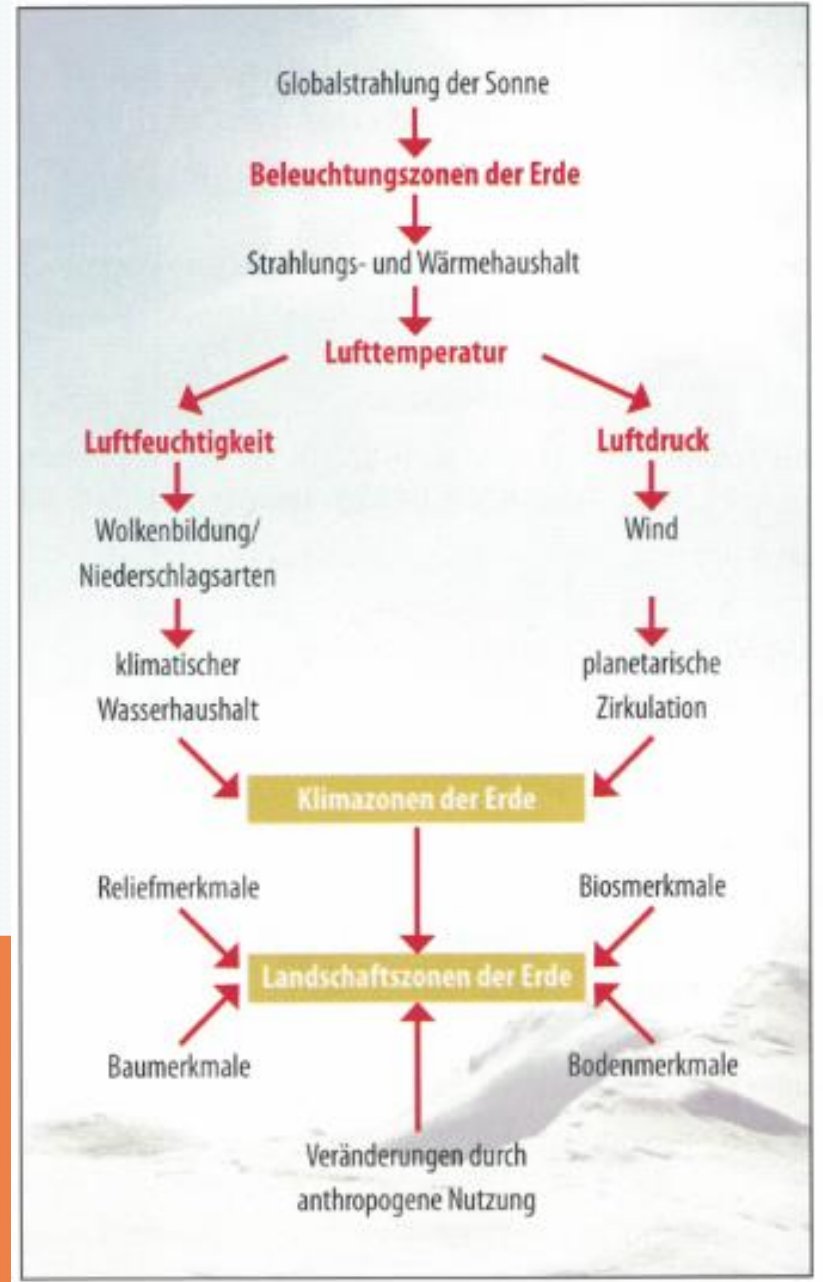
- thermische Jahreszeiten
- hygrische Jahreszeiten
- Tageszeitenklima
- Klimawandel in der Erdgeschichte, Gegenwart und Zukunft
- Anpassung der Vegetation an klimatische Veränderungen

räumlicher Wandel

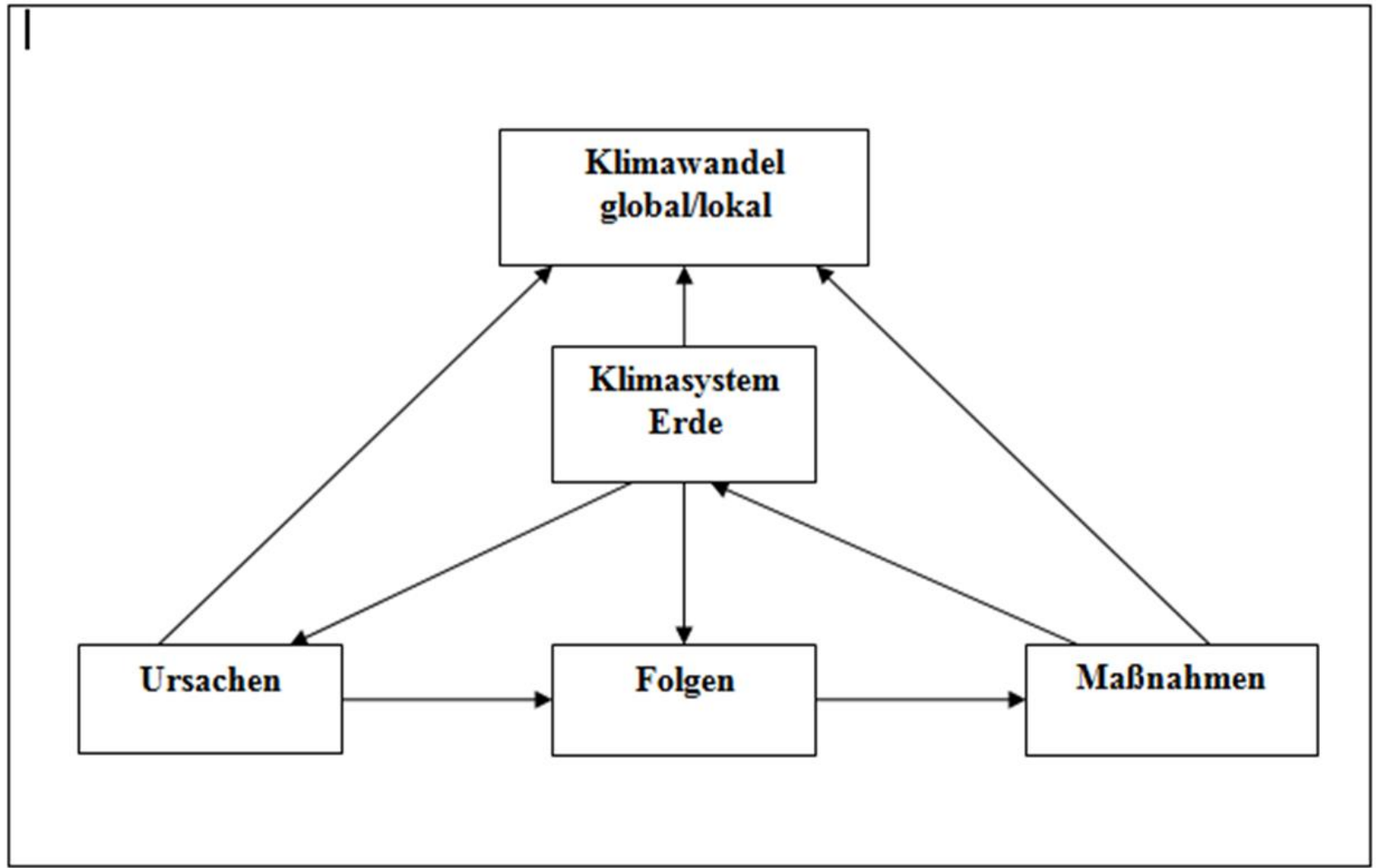
- Beleuchtungsverhältnisse
- Variationen von Klimamerkmale
- Klimazonen
- Vegetationszonen
- Landschaftszonen / Geographische Zonen
- Ökozonen

1. DAS THEMA IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

„Roter Faden“ für die Behandlung der Themen Klima und Landschaftszonen im Geographieunterricht



1. DAS THEMA IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT



1. DAS THEMA IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Das Klimasystem Erde

- Klima als komplexes System durch Vernetzung und Verknüpfung der Sphären der Erde
- Kipp-Punkte – kritische Stellen im Klimasystem
- Klimawirksamkeit von Spurengasen in der Atmosphäre

Ursachen für den Klimawandel

- Vermittlung möglicher natürlicher und anthropogener Ursachen
- Diskurs zu kontroversen Positionen zum Klimawandel (Befürworter/ Skeptiker)

Folgen des Klimawandels

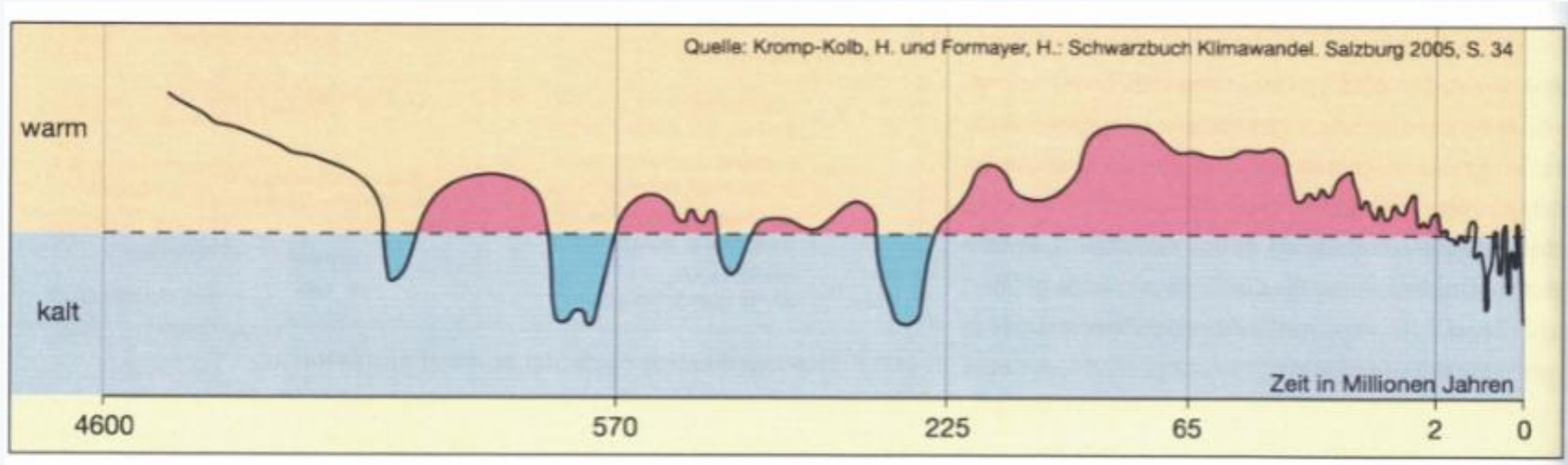
- Folgen in der Natur
- Folgen für die menschliche Gesellschaft

Maßnahmen gegen den Klimawandel

- Umgang mit dem Klimawandel (Adaption, Mitigation, Ignoranz)
- globale, regionale, lokale Anpassungsstrategien

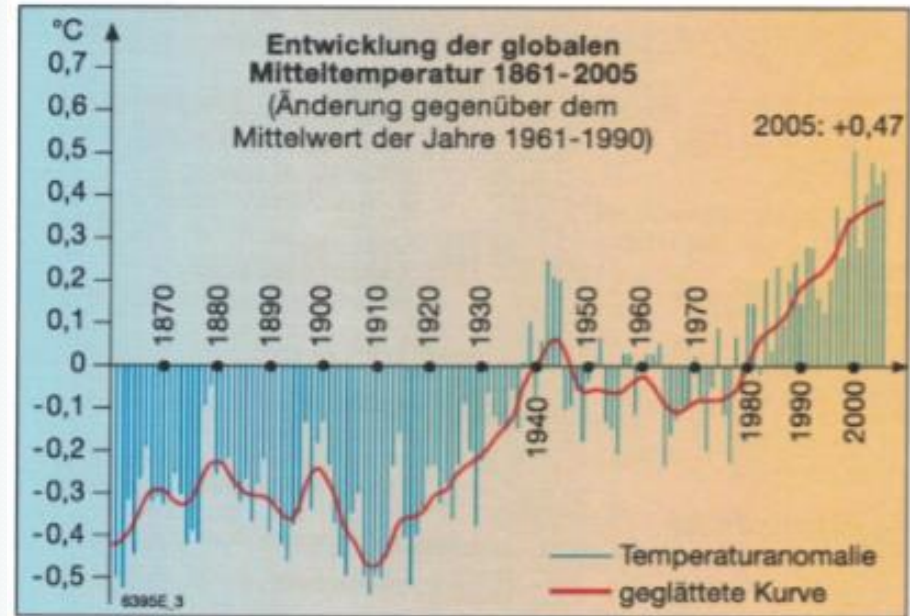
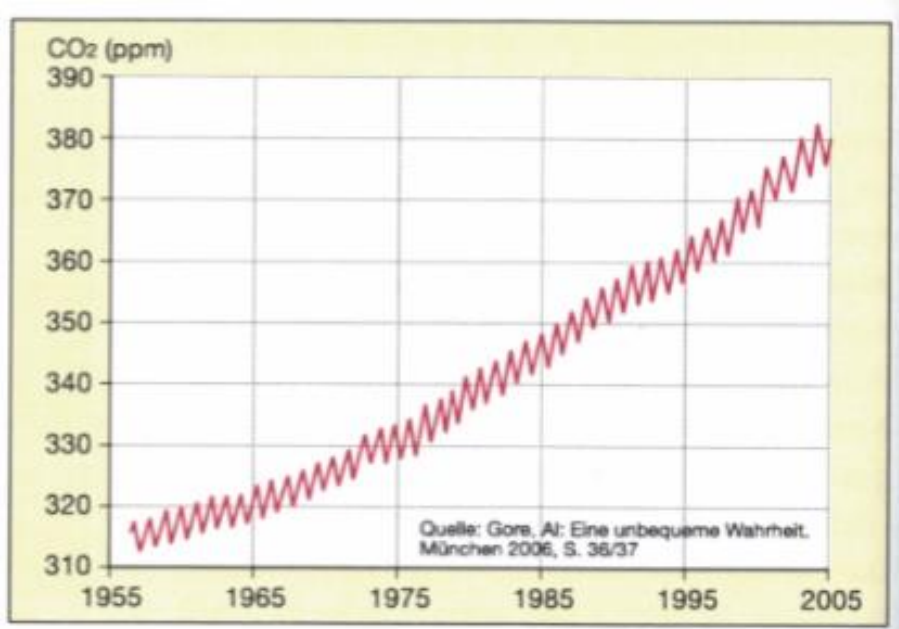
2. BASISWISSEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL

Globaler Temperaturverlauf seit der Erdentstehung



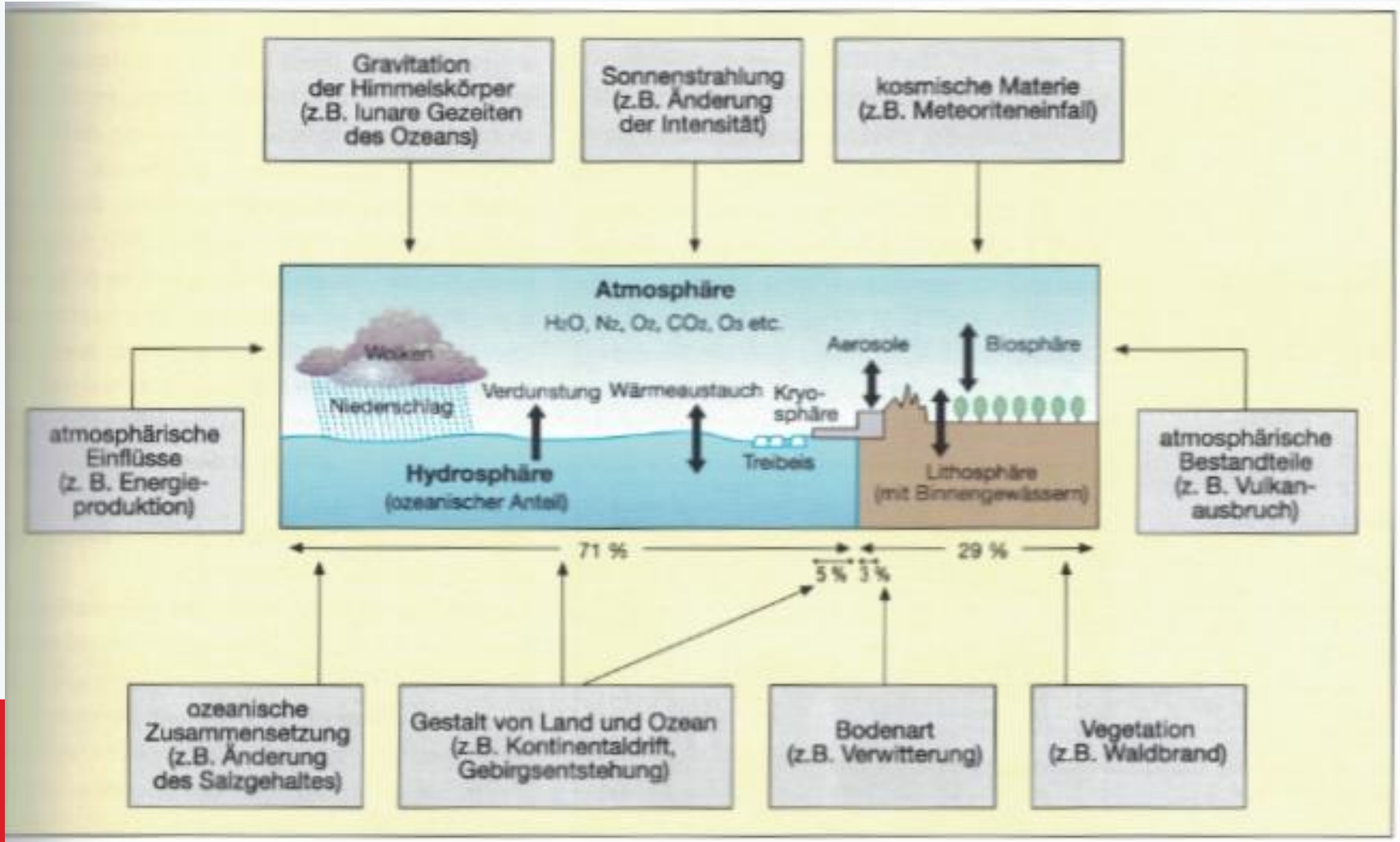
2. BASISWISSEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL

Mauna Loa-Kohlenstoffdioxidmesswerte Globale Mitteltemperatur seit 1860



2. BASISWISSEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL

Das Klimasystem der Erde



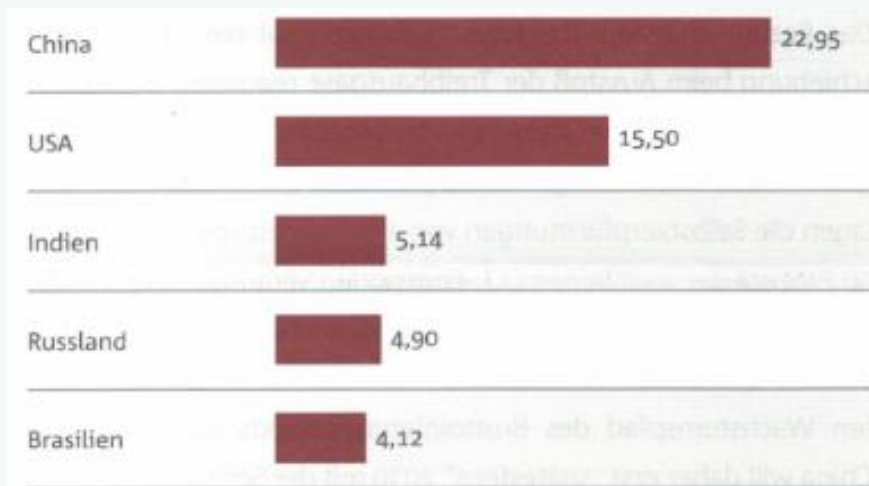
2. BASISWISSEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL

Klimarelevante Prozesse und Einflüsse (Auswahl)

Prozesse	Zeit (Jahre)
Sonnenalterung (Energieabstrahlung)	Mio. bis Mrd.
Zusammensetzung der Erdatmosphäre	natürlich: Mio. bis Mrd., anthropogen: 10 - 100
Kontinentaldrift	Mio. bis Mrd.
Gebirgsbildung und Land-Meer-Verteilung	10000 bis Mio.
Schwankungen der Erdbahnparameter	10000 bis 100000
Vegetationsänderungen	10 bis 1000
Sonnenfleckenzyklus	10 bzw. 22
Wirkung extremer Vulkanausbrüche	Monate bis Jahre
großräumige Luftdruckverteilung	Tage bis Jahreszeiten
Wettersysteme (z.B. Tiefdruckgebiete)	Tage bis Wochen
Gewitter, Tornados	Stunden bis 1 Tag

2. BASISWISSEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL

Die größten Kohlenstoffdioxid-Produzenten der Erde



Quelle: Germanwatch,

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Mögliche Ursachen von Klimaveränderungen des Systems Erde

- exogen-natürliche (kosmische) Ursachen
- endogen-natürliche (terrestrische) Ursachen
- anthropogene Ursachen

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

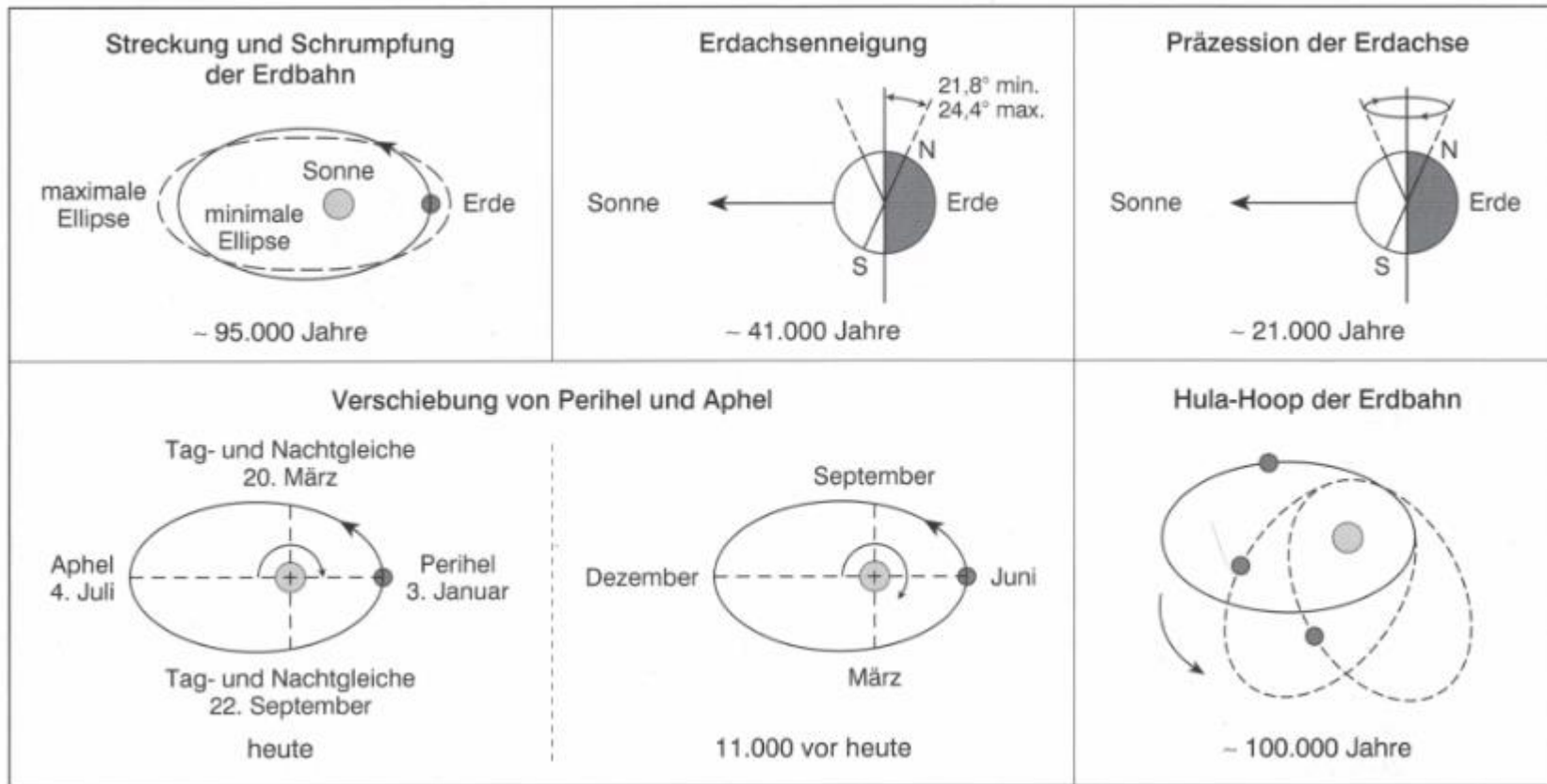
Mögliche Ursachen von Klimaveränderungen des Systems Erde 1

Exogen-natürliche (kosmische) Ursachen

- Schwankung der Erdachsenneigung
- Veränderung der Exzentrizität der Erdbahn
- Präzession der Erdachse
- Variation der Solarkonstante
- Veränderung der Sonnenstrahlung
- Sonnenaktivitäten, besonders Variation von Sonnenfleckenmaxima und -minima
- Starke Meteoriteneinschläge auf der Erde (Impaktereignisse)
- Bewegung der Erde mit dem Sonnensystem durch die Galaxis

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Klimawandel durch veränderte Erdbahnparameter



Quelle: eigene Zusammenstellung nach Thomas Meyer: Wetter/Klima. In: Erdkunde, Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte, Sek. II. STARK Verlag, Freising und bild der wissenschaft, Ausgabe 10/2005, S. 43.

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Variation der Solarkonstante und Klimawandel

1860 bis 1940

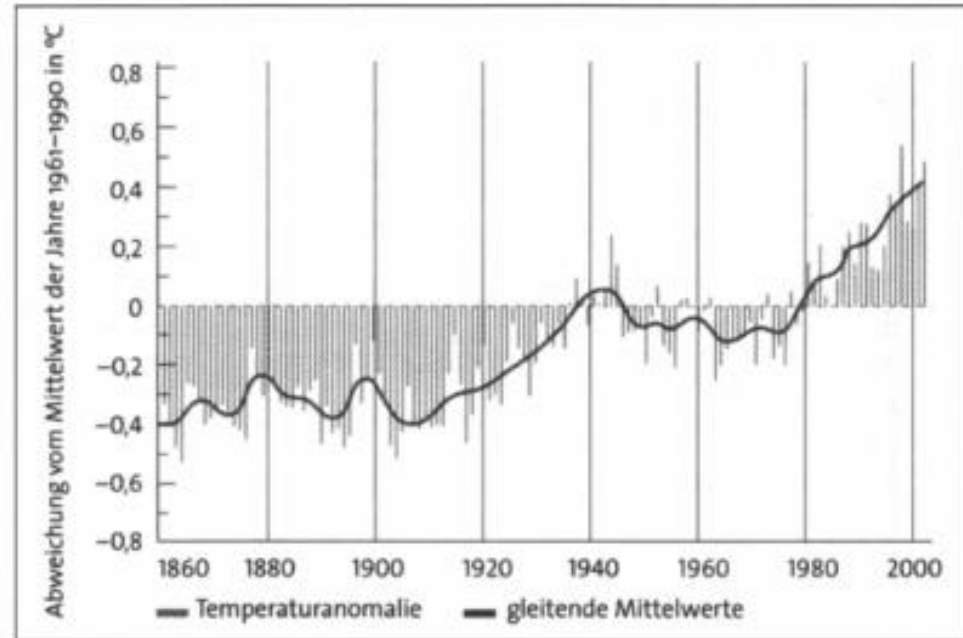
Anstieg der Solarkonstante um 0,2 %

1940 bis 1970

gleichbleibende Solarkonstante

ab 1970

erneuter Anstieg der Solarkonstante



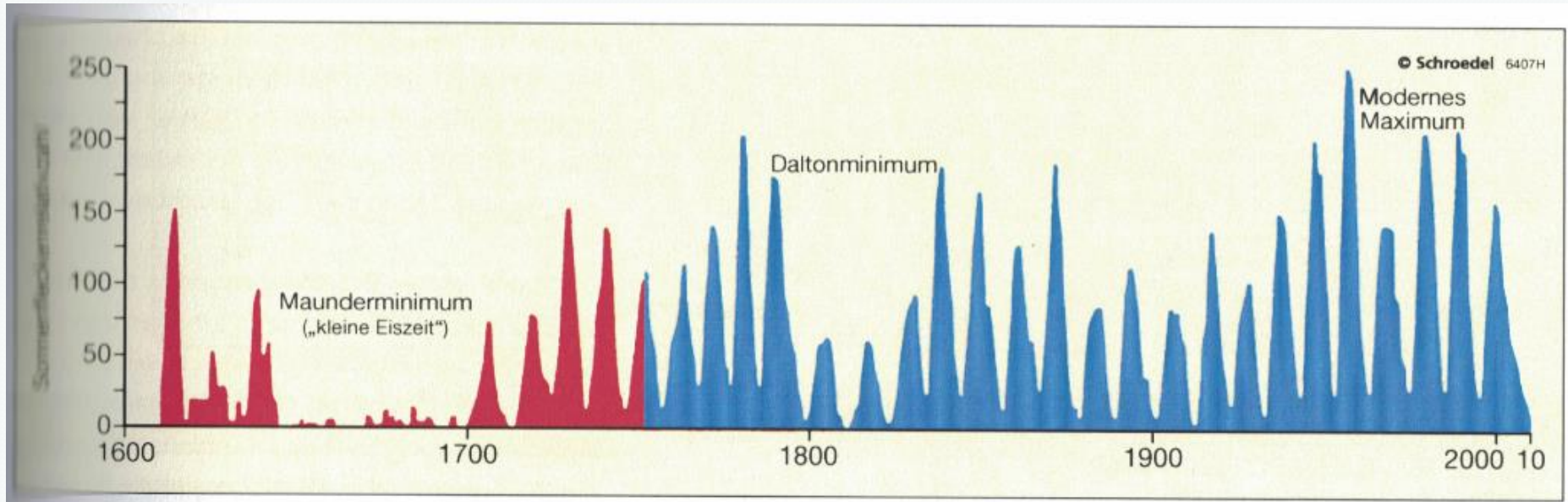
Quelle: Kromp-Kolb, M. und H. Formayer (2005): Schwarzbuch Klimawandel, nach Intergovernmental Panel on Climate Change.

Die global gemittelte Temperatur seit 1860 als Abweichung vom Mittelwert der Jahre 1961-1990 (nach IPCC 2001a)

Variation der Solarkonstante

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Variation von Sonnenfleckennmaxima und -minima



3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Die Sonne als wesentlicher Klimafaktor 1

- bis 2005 wurde Ursachenkomplex Sonne für Klimawandelursachen nahezu ausgeblendet
- aber: Registrierung starker Strahlungsschwankungen in Teilen des Sonnenspektrum (im UV-Bereich bis zu 70%)
- UV-Strahlung wird in Ozonschicht und Ionosphäre in Wärme umgewandelt und führt so zu Änderungsbeträgen von mehreren Grad Celsius

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Die Sonne als wesentlicher Klimafaktor 2

Schwankungen des Magnetfeldes der Sonne

- **starkes Sonnenmagnetfeld** → Abschirmung kosmischer Strahlung → reduzierte Partikelstrahlung in der Erdatmosphäre → geringere Wolkenbildung → Erwärmungseffekt
- **schwaches Sonnenmagnetfeld** → geringer Abschirmungseffekt kosmischer Strahlung → erhöhte Wolkenbildung in Troposphäre → Abkühlungseffekt aus Erde

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

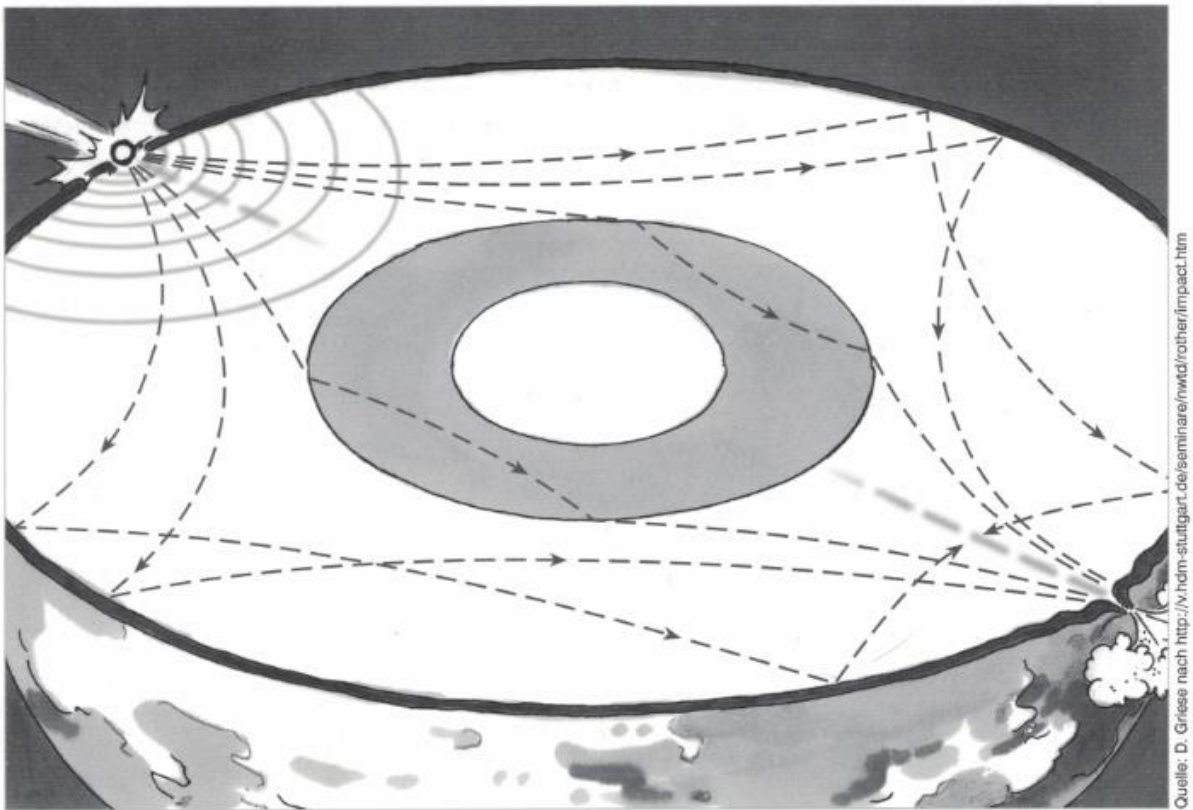
Die Sonne als wesentlicher Klimafaktor 3

Die Sonne in der Milchstraße

- Sonne bewegt sich mit Sonnensystem in ca. 250 Mio. Jahren um unser galaktisches Zentrum
- dabei geht sie durch die Spiralarme der Galaxis mit dichter Materie und durch deren Zwischenräume mit geringerer Materiedichte
- z.Zt. ist Sonne im Orionarm – ein möglicher Grund für Eiszeitalter
- zur Saurierzeit (Jura/ Kreide) war Sonne in einer Zeit der Erderwärmung zwischen zwei Spiralarmen

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Meteoritenimpakte und Antipodenvulkanismus



3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

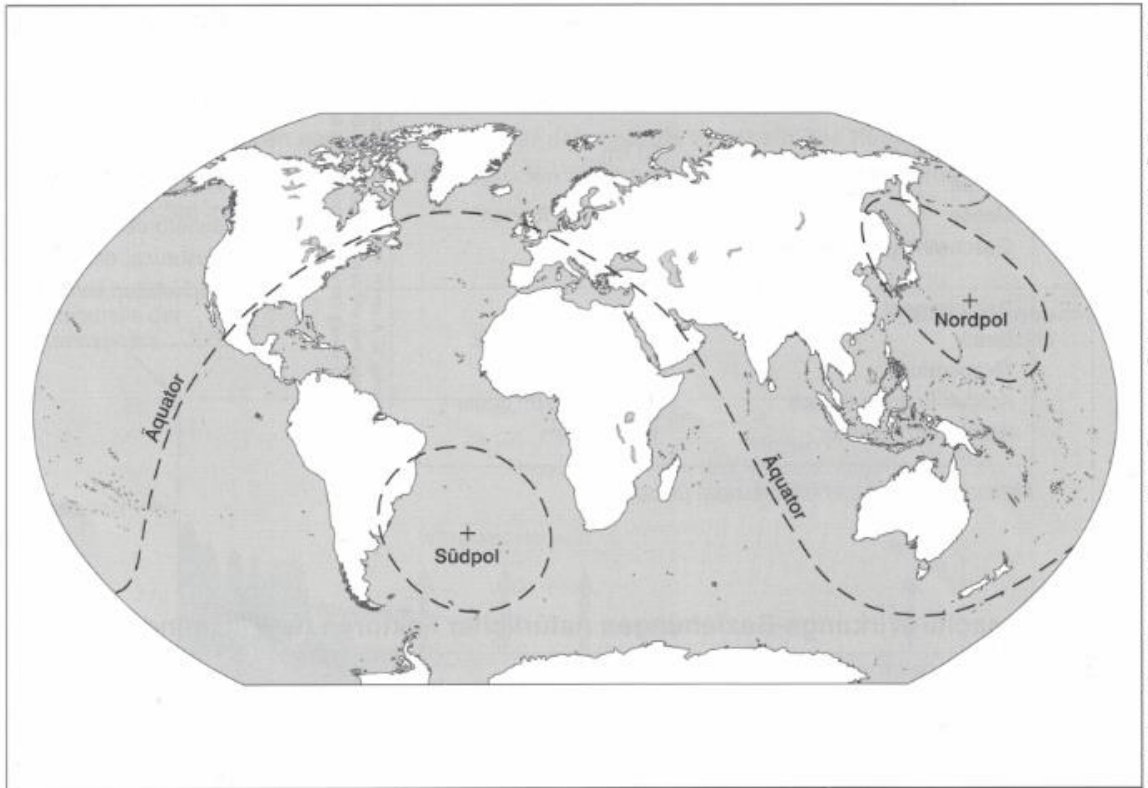
Mögliche Ursachen von Klimaveränderungen des Systems Erde 2

Endogen-natürliche (terrestrische) Ursachen (Auswahl)

- Wechselwirkung der Atmosphäre mit anderen Komponenten des Systems Erde
- Weltmeer
- Eishülle
- Biosphäre u.a.
- Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre
- Änderung des Erdalbedos durch großräumige Eisschmelze
- Starke Vulkanausbrüche
- Wanderung der Kontinente durch Plattenbewegungen
- Veränderungen von Meeresströmungen
- Festlandsneubildungen und Hebungen großer Kontinentalblöcke

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Plattentektonik und Klimawandel



Quelle: eigene Darstellung nach Geographie 11, Gymnasien Sachsen, Cornelsen Verlag Berlin, unveröffentlicht

Klimakarte des Devons und des Karbons

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Mögliche Ursachen von Klimaveränderungen des Systems Erde 3

Anthropogene Ursachen (Auswahl)

- Zunahme der Weltbevölkerung und ihrer Lebensansprüche
- erhöhter Energiebedarf
- Ausdehnung der Viehhaltung
- Zunahme der Bodenversiegelung
- Zunehmende Entwaldung der Erde
- erhöhte Kohlenstoffdioxidemission und anderer Treibhausgase

3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Folgen der Erderwärmung (Auswahl) 1

- veränderte Produktionsbedingungen in Industrie und Landwirtschaft
- Zunahme der Flüchtlingsströme
- Zunahme von Kriegsgefahren
- Auftauprozesse großer Permafrostbodengebiete
- Zunahme von Wetterextremereignissen
- Abschmelzen von Gebirgsgletschern und arktischem Eis
- Meeresspiegelanstieg mit Folgeerscheinungen
- Veränderungen des Verlaufs von Meeresströmungen

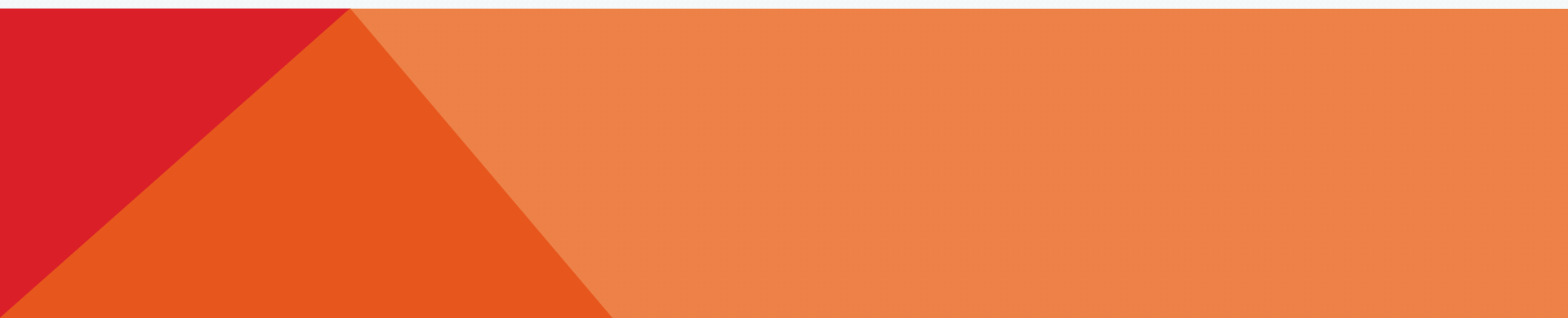
3. GEDANKEN ZU MÖGLICHEN KLIMAWANDELURSACHEN

Folgen der Erderwärmung (Auswahl) 2

- Zunahme der Desertifikation
- Artensterben
- Zunahme von Waldbränden
- Absterben von Korallenriffen
- Einbußen im Tourismusgeschäft
- Zunahme von Wasserproblemen
- Gesundheitsprobleme, besonders in Großstädten
- erhöhte Ausgaben für Infrastruktur- und Klimaschutzprojekte

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Kurze Chronologie der Erforschung von Klimaveränderungen 1

- 1827: Fourier erkennt die Bedeutung von Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre
 - 1941: Flohn veröffentlicht Grundgedanken zu Klimaveränderungen, die jedoch bei den Nazis kaum Beachtung finden
 - 1950er-Jahre: Messungen der Beobachtungsstation Mauna Loa registrieren steigenden Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre
 - 1951: Klimatologie wird als Forschungsbereich etabliert
 - 1979: Weltkonferenz in Genf zu Klimaveränderungen – danach Gründung verschiedener Organisationen, die sich dem Klimawandel widmen
 - ab Mitte der 1980er-Jahre: Politisierung des Klimawandelthemas
- 

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Kurze Chronologie der Erforschung von Klimaveränderungen 2

1984: 1. Nationales Klimaprogramm in Deutschland umgesetzt

1986: Wissenschaftler wenden sich mit Warnungen zu Klimawandelfolgen an die Öffentlichkeit

1988: Gründung des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

1990: Gründung und Arbeit verschiedener *spezialisierter* Klimainstitute (1990 bis 1995
Verfünffachung von wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Klimawandel in der
Fachpresse und -literatur)

ab 1997: Klimaforschung ist stark vernetzt und stark politisiert/Öffentlichkeit und Politik
erwarten verlässliche Prognosen

(zusammengestellt aus: Weingart, Engels, Pansegrau: Von der Hypothese zur Katastrophe.- Opladen und Farmington Hills 2008); Frankenberg, 1990: „Das Klima auf der Erde ist nicht stabil. Wir können es mit keiner Naturschutzmaßnahme der Welt dazu bewegen, sich nicht zu ändern“ (In: Risiko-Konzepte, Risiko-Konflikte, Risiko-Kommunikation.- Jülich 1990)

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Klimawandelskeptiker und ihre Argumente

Trendskeptiker

- bestreiten Erderwärmung
- Temperaturerhöhungen ist entstanden durch Verstädterung
- um Messstationen herum („urban heat island effect“)

Ursachenskeptiker

- akzeptieren Erderwärmung, aber nur durch natürliche Ursachen
- Mensch ist für CO²-Trend, aber nicht für Erwärmungstrend verantwortlich
- Ursachen liegen in Sonnenaktivitäten
- CO₂-Freisetzung nicht durch den Mensch, sondern aus Ozeanen

Folgenskeptiker

- globale Erwärmung ist harmlos bzw. sogar günstig für Landwirtschaft in Gebieten höherer Breitengrade

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Kontroverse Positionen zum Klimawandel 1

Argumente von Befürwortern für einen anthropogen bedingten Klimawandel:

- der anthropogen bedingte Klimawandel ist ein wissenschaftlicher Fakt
- Kohlenstoffdioxidemissionen sind verantwortlich für den globalen Temperaturanstieg
- der Klimawandel ist unumkehrbar
- der Temperaturanstieg darf bis 2100 im Vergleich zur Zeit vor der Industrialisierung den Grenzwert von 2 °C nicht übersteigen
- wenn wir weiterhin so viel Kohlenstoffdioxid emittieren würden wie bisher, könnte die globale Temperatur bis um 7 °C steigen
- die Kohlenstoffdioxidemissionen müssen weltweit bis 2050 um 95% gesenkt werden
- Klimaschutz schließt Wohlstand nicht aus/durch einen Finanztransfer aus den entwickelten Länder in die Entwicklungsländer würde sich deren Wohlstand um nur ein Jahr verschieben

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Kontroverse Positionen zum Klimawandel 2

Argumente von Klimawandelskeptikern (1):

- Klima ist ein Prozess, in dem die Sonne der „Motor“ ist, Klimamodelle berücksichtigen sie zu wenig
- ein konstantes Klima gibt es nicht
- Klima kann nicht geschützt werden
- seit mehr als zehn Jahren gäbe es keine Temperaturerhöhungen mehr
- Menschheitskatastrophen fanden stets in kalte Perioden statt, in wärmeren Epochen entstanden und entwickelten sich eher Hochkulturen
- als wesentliche Ursache für einen globalen Kohlenstoffdioxidanstieg wird die Entgasung der Meere angesehen

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Kontroverse Positionen zum Klimawandel 3

Argumente von Klimawandelskeptikern (2):

- Kohlenstoffdioxid ist kein „Schmutzgas“/es ist nur in geringen Mengen in der Erdatmosphäre vorhanden und ist für die Fotosynthese wichtig
- ein stärkeres Treibhausgas im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid ist der Wasserdampf
- durch den Emissionshandel mit Kohlenstoffdioxid-Zertifikaten entstehen extrem hohe finanzielle Belastungen
- Windkraftträder und Fotovoltaik seien unwirtschaftlich
- einige Klimaforscher übertreiben, um erhöhte Aufmerksamkeit und Geld zu erhalten
- die Automobil- und Öl-Lobby hat ihre Hände im Spiel, wenn es um den Klimawandel geht

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Diskurse über den Klimawandel 1

Der wissenschaftliche Diskurs

- ist meist an die IPCC-Berichte gekoppelt
- der Mensch hat verstanden, dass Wetterereignisse nicht nur einzelne isolierte Ereignisse, sondern Teile des Weltklimas sind
- der Mensch akzeptiert den Gedanken, dass er selbst in das Klima durch übermäßigen Energieverbrauch eingreift
- Klimawandel ist keine abstrakte mögliche Zukunft, sondern bereits nachgewiesene Realität
- Fragen zu regionalen und lokalen Klimawandelfolgen sowie zu Anpassungsmöglichkeiten an Klimaveränderungen treten gegenüber den globalen Folgen mehr und mehr in den Vordergrund
- der Mensch verabschiedet weltweit Klimaschutzprogramme, die ohne Klimaforschung nicht möglich wären

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Diskurse über den Klimawandel 2

Der politische Diskurs

- Temperaturanstieg unter 2 °C bis 2100 ist politisch vereinbar (Paris 2015)
- IPCC: Anpassungsfähigkeit der Erde an den Klimawandel kann bei diesem begrenzten Temperaturanstieg noch gewährleistet werden
- aus dem unvermeidlichen Übel Klimawandel, der nicht mehr verhindert werden kann, ist ein politisches Ziel geworden, das auf der Erde Handlungsfähigkeit sicherstellen muss
- größter Teil des politischen Handelns richtet sich auf die Mitigation, z. B. durch Treibhausgasemissionseindämmung, aus
- in Europa ist der Emissionshandel ein zentrales politisches Instrument

4. DER KLIMAWANDEL IN DER ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

Diskurse über den Klimawandel 3

Der mediale Diskurs

- vier von fünf Ausgaben der renommierten Wissenschaftsmagazine „Nature“ und „Science“ thematisieren den Klimawandel
- Ursache für erhöhte Aufmerksamkeit zum Klimawandel sind vermeintliche Klimaänderungssignale und kurzfristige Extremwetterereignisse
- Thema Klimawandel erhält 2006 neue Brisanz, als die Kosten des Klimawandels im Vorfeld der Klimakonferenz in Nairobi in den Vordergrund gestellt wurden
- Anstieg der Aufmerksamkeit gegenüber dem Klimawandel durch Filme wie „The day after tomorrow“
- Begriff „Klimakatastrophe“ gibt es nicht im wissenschaftlichen, sondern nur im medialen Diskurs
- Klimawandeldiskussion ist in der Öffentlichkeit differenzierter und polarisierter geworden
(zusammengestellt aus Weingart, Engels, Pansegrau 2008)

5. BILDUNGSANGEBOTE UND MATERIALIEN ZUM KLIMAWANDEL

Bildungsangebote und Materialien

- Klimapavillon (SMUL)
- Klimakoffer (SMUL)
- Broschüren „Deine Energie zählt“/„Klasse Klima“ und Lehrerordner „Ihre Energie zählt“ (SMUL/ SMK)
- „Klimaexpedition“ (Live-Satellitenbilder)
- Aktion „Phänologische Beobachtungen“

Kontakt zum SMUL:

Frau Bettina Miersch

Tel: (0351) 564 6524

Mail: Bettina.Miersch@smul.sachsen.de

5. BILDUNGSANGEBOTE UND MATERIALIEN ZUM KLIMAWANDEL

Gerber, Wolfgang: Fachzeitschriftenartikel zum Klimawandel

- Gerber, Wolfgang (Hrsg.): Klimawandel (Doppelheft).- geographie heute, Heft 241/242, Juni 2006.- Seelze.
- Gerber, Wolfgang (Hrsg.): Globale Erwärmung als Herausforderung.- geographie heute, Heft 326, Dezember 2015.- Seelze.
- Gerber, Wolfgang (Hrsg.): Mensch und Umwelt.- geographie heute, Heft 321, Dezember 2014.- Seelze.
- Gerber, W. und A. Krüger: Das Ozonloch – Ozonaufbau und –abbau im Zusammenhang mit Klima und Klimawandel.- In: Geographie heute, Heft 325, September 2015.- Seelze.

5. BILDUNGSANGEBOTE UND MATERIALIEN ZUM KLIMAWANDEL

Recherche-Stichworte zum Klimawandel

- Kurzinformation Bildungsservice des BMU
- Handreichungen für Lehrkräfte vom BMU
- Klimaschutz erfordert Handeln (BMBF)
- Agenda 21
- Transfer - 21
- Lehrer online
- Germanwatch
- Oxfam Deutschland
- Bundeszentrale für politische Bildung
- Lernmodule für Klimatologie (Universität Freiburg i. Br.)
- Fitting the pieces together (online-Lernmodul)

DER KLIMAWANDEL ALS GLOBALES PROBLEM UND SEINE BEHANDLUNG IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Quellen

- Bräuer/ Gerber: Aktuelle Materialien zu Praxis Geographie – Unterrichtsvorbereitung.- Braunschweig.- 2/2009
- Gerber, W.(Hrsg.): Globale Erderwärmung als Herausforderung.- geographie heute, Heft 326.- Seelze.- Dezember 2015
- Gerber, W. (Hrsg.): Klimawandel.- geographie heute, Hefte 241/ 242.- Seelze.- Juni 2006
- Gerber, W. u.a.: Seydlitz Geographie.- Braunschweig 2016.- 272 S.
- Schulbank.- Deutscher Bankenverband.- Berlin .- 2/2016
- Siegmund, A. u.a.: Anpassung an den Klimawandel.- Praxis Geographie.- Braunschweig.- 5/2015