

Klimawandel, Gesundheit, Kommunikation und kritischer Rationalismus im Anthropozän

Ulrich Pöschl

Max-Planck-Institut für Chemie & Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
u.poschl@mpic.de, www.mpic.de

44. Klagenfurter Stadtgespräch,
17. April 2023, Karl Popper Foundation &
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Gliederung

Einführung & Überblick

- MPG & MPIC, Erdsystemforschung & Anthropozän
- Kritischer Rationalismus & offener Diskurs in der Wissenschaft:
Open Access, Open Science, Epistemic Web/Epistemisches Netz

Luftqualität & Gesundheitsschutz

- Feinstaub, Ozon, Stickoxide: Lebenserwartung & Allergien
- Masken & Lüften in und jenseits von Pandemien

Globale Erwärmung & Klimaschutz

- Natürlicher & anthropogener Klimawandel
- Gesellschaftliche & individuelle Beiträge

Zukunftsperspektiven im Anthropozän

- Herausforderungen & Lösungsansätze

Anmerkungen: Überblick & Zusammenhänge im Vortrag; kurze Nachfragen jederzeit, längere in Diskussion/Nachgang; Details & weitere Information in Referenzen; Präsentationsfolien verfügbar (Open Access/Open Science, CC-BY)

Max Planck Gesellschaft (MPG)

- Führende **Grundlagenforschungs**-Organisation in Deutschland
- **85 Institute** an 38 verschiedenen (Universitäts-)Standorten (+5 im Ausland)
- 3 Sektionen: Chemie-Physik-Technologie (CPTS), Biologie-Medizin (BMS), Geistes-Sozial-Humanwissenschaften (GSHS)
- ~24 000 Mitarbeitende (Forschung, Technik, Administration ...)
- ~2 Milliarden € Jahresbudget, ~80% öffentliche Mittel (Bund/Länder)
- ~15 000 Publikationen/Jahr in wiss. Fachzeitschriften
- **Leitmotiv: Erkenntnisgewinn** zum Wohl der Menschheit, *“Dem Anwenden muss das Erkennen vorausgehen”* (Max Planck); **Wissenschaftliche Freiheit & Unabhängigkeit** der Mitglieder (*Harnack-Prinzip*)
- **30(+8) NobelpreisträgerInnen** in MPG/KWG (+Umfeld), inkl. Atmosphären- & Klimaforscher **Paul Crutzen** (Chemie 1995) & **Klaus Hasselmann** (Physik 2021)



30 Nobelpreis-TrägerInnen, 5 in 3 Jahren 2020-2022

Max Planck Institute for Chemistry (MPIC)



1911/12 foundation & opening
as first KWI/MPI in Berlin Dahlem
(together with FHI)

L. Meitner first female scientific member (1913)



1944/49 relocation from Berlin
via Tailfingen to Mainz

O. Hahn first president of MPG (1948);
byname "Otto-Hahn-Institute" (1959)



2011/12 centennial anniversary
& relocation into new building,
Hahn-Meitner-Weg 1

Current size & budget: approx. 300 researchers
& staff members, approx. 25 Million EUR/year

Organic & Inorganic Chemistry

1915 Nobel Prize R. Willstätter: Chlorophyll
(first Nobel Prize for KWG/MPG)

Radiochemistry & Nuclear Physics

1944 Nobel Prize O. Hahn: Nuclear Fission

Physical Chemistry

Mass Spectrometry & Isotopes

Geo- & Cosmochemistry

Mantle, Meteorites, Moon & Mars

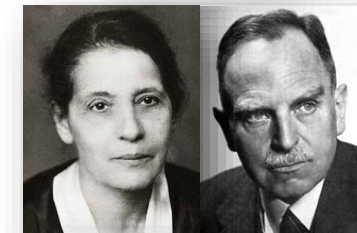
Atmospheric & Biogeochemistry

1995 Nobel Prize P. Crutzen: Ozone Chemistry

Earth System Chemistry

Integral scientific understanding of
chemical processes in the Earth system:

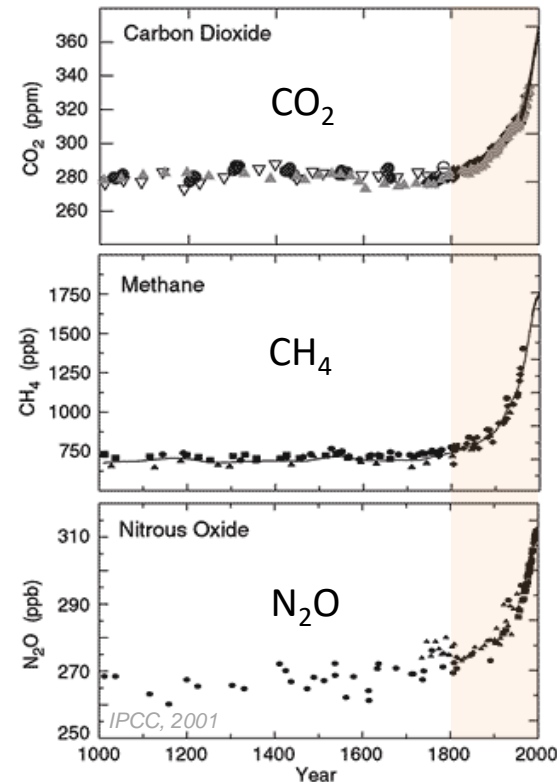
- from molecular to global scales
- from climate change to public health
- from Earth history to the Anthropocene



www.mpic.de



Anthropocene: New Epoch in Earth History Driven by Human Activity



Globally pervasive & steeply increasing anthropogenic influence on planet Earth:

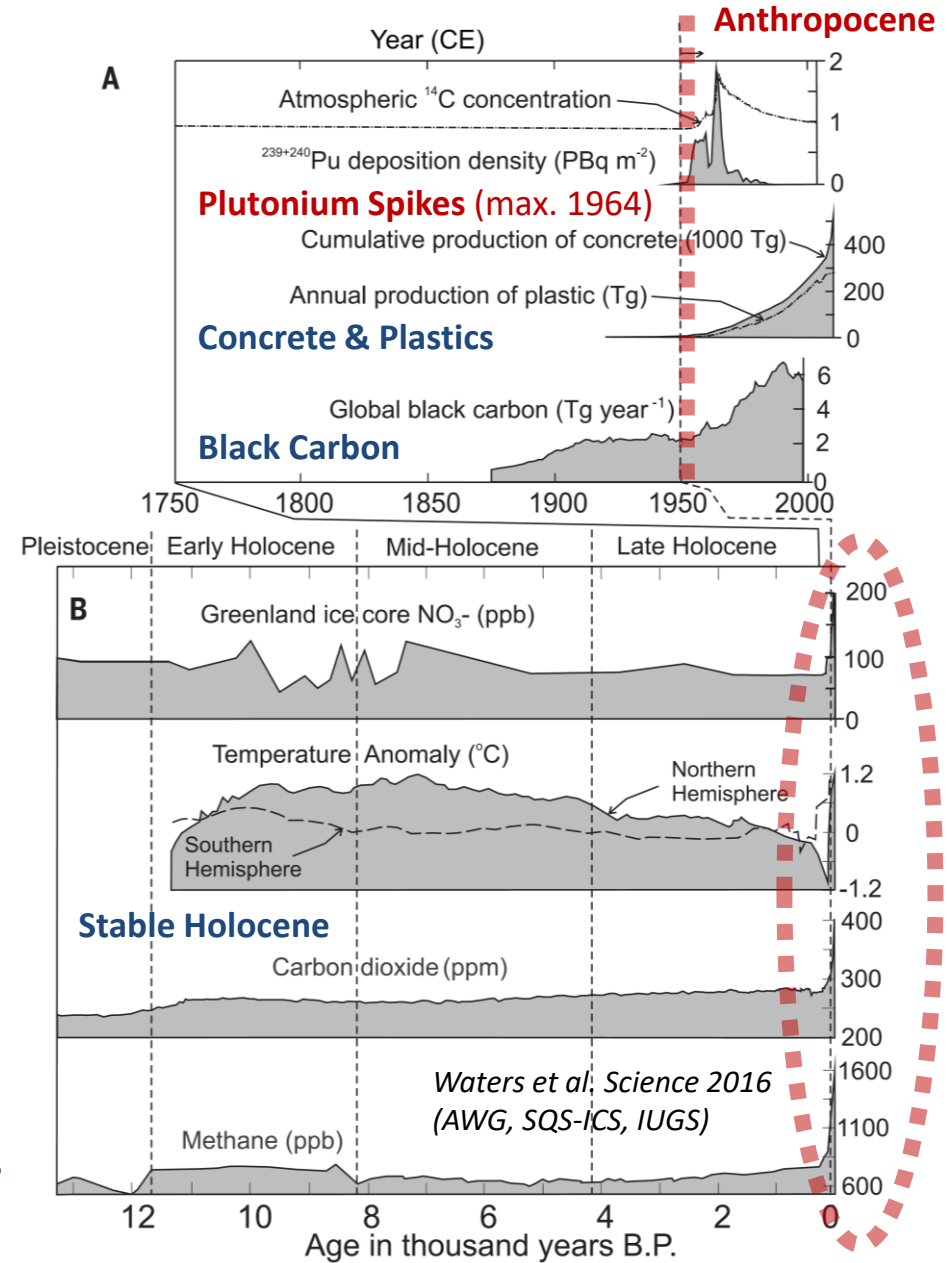
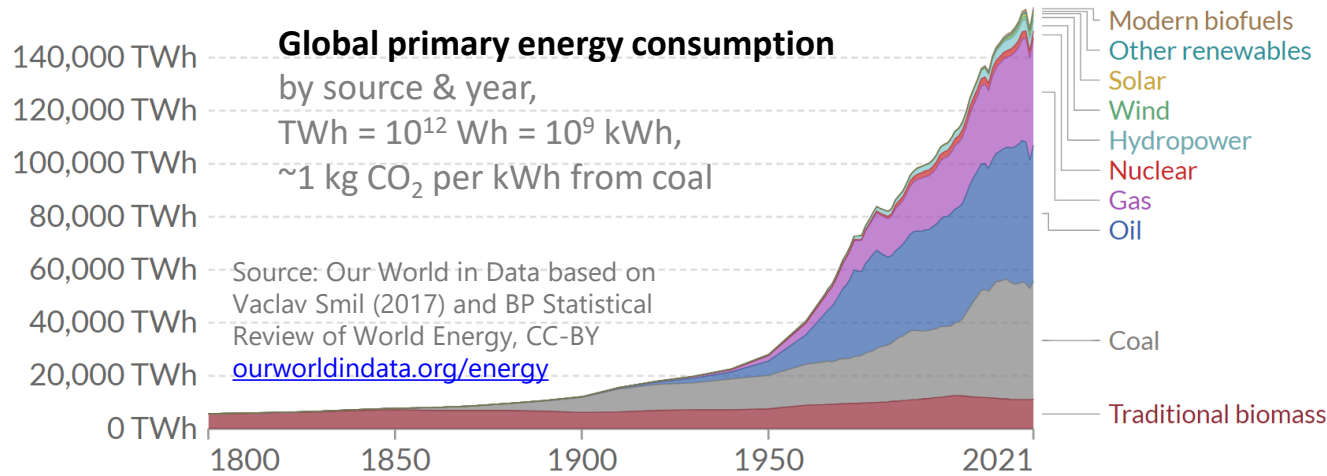
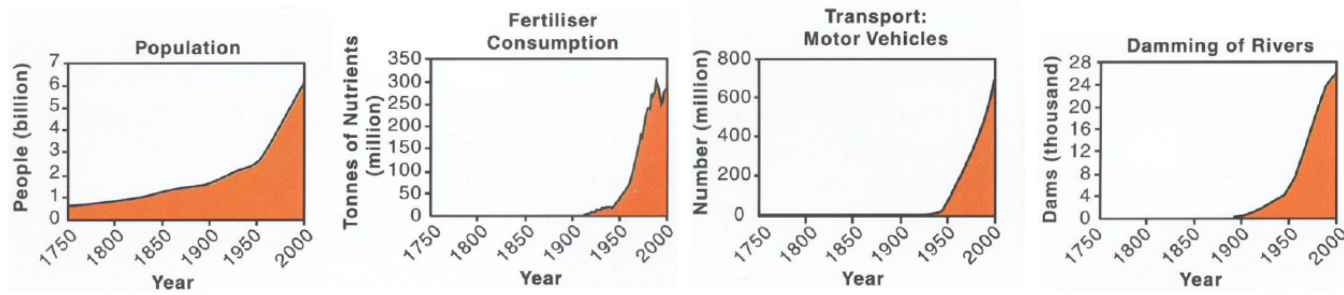
scientific curiosity & discovery meet practical challenges & philosophical questions – from air quality, ozone hole & climate change to public health & human well-being (“**planetary health**”)

Scientific & societal messages (Max Planck & Paul Crutzen remixed):

insight must precede application ↔ we are shaping the planet, so let's try to get it right

Beginnings & Markers of the Anthropocene

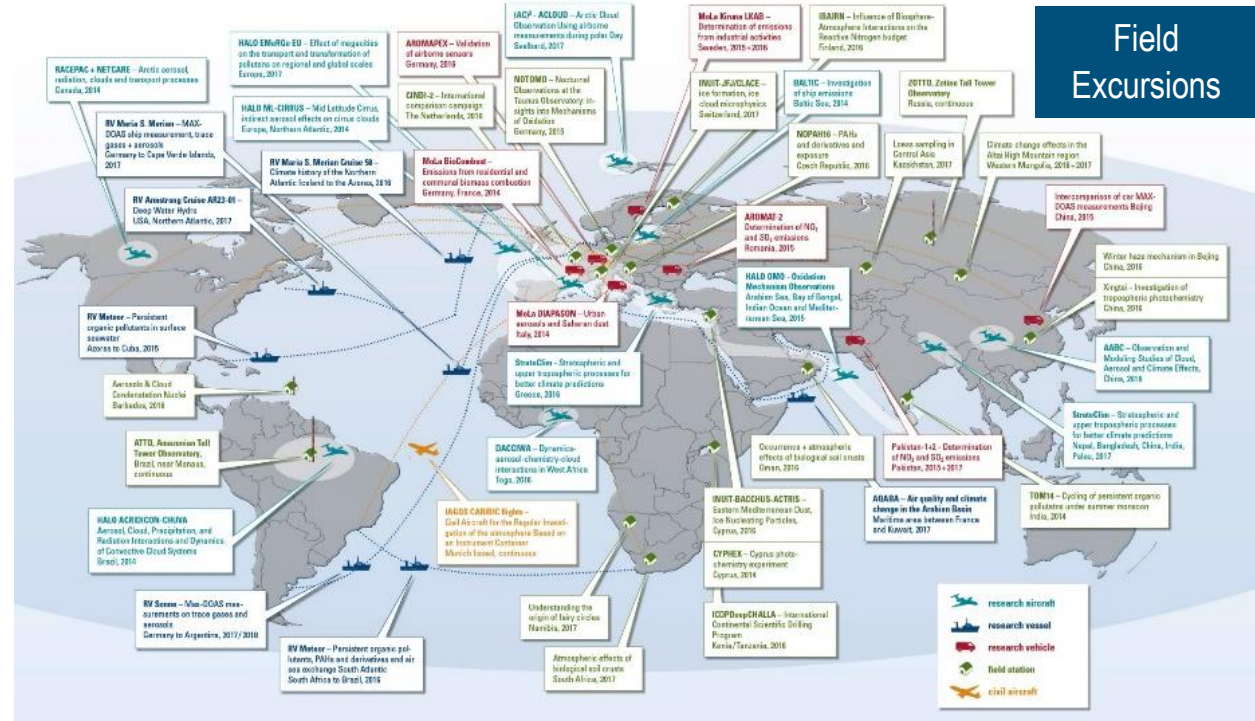
Great Acceleration, 1950s/1960s: orig. slides/figures of Crutzen & Steffen et al. (2003)



- (1) Great Acceleration** of human activity in 1950s/1960s & stratigraphic signals (nuclear fallout, isotopes etc., *Waters et al. 2016*), **or**
- (2) Steam Engine & Industrialization** ~1800/1850 (*Crutzen et al. 2000/2003*), **or**
- (3) Early Agriculture** in Holocene ~7000 BP (*Ruddiman 2013*) ?

(1) supported by 1960s turning point in **human population growth** (S-curve) & **noticeable anthropogenic global warming**; 1850 as climate change reference point in the late Holocene ("Paleoanthropocene", *Foley et al. 2013*)

MPIC Methods & Collaborations

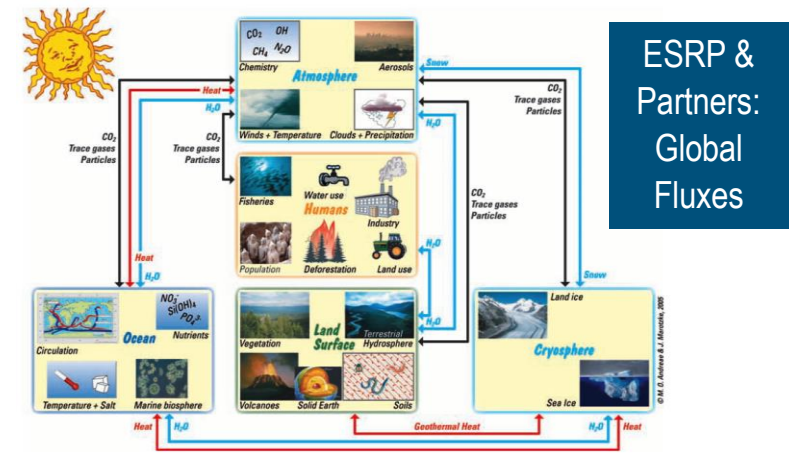


Field Observations, Laboratory Experiments & Model Studies

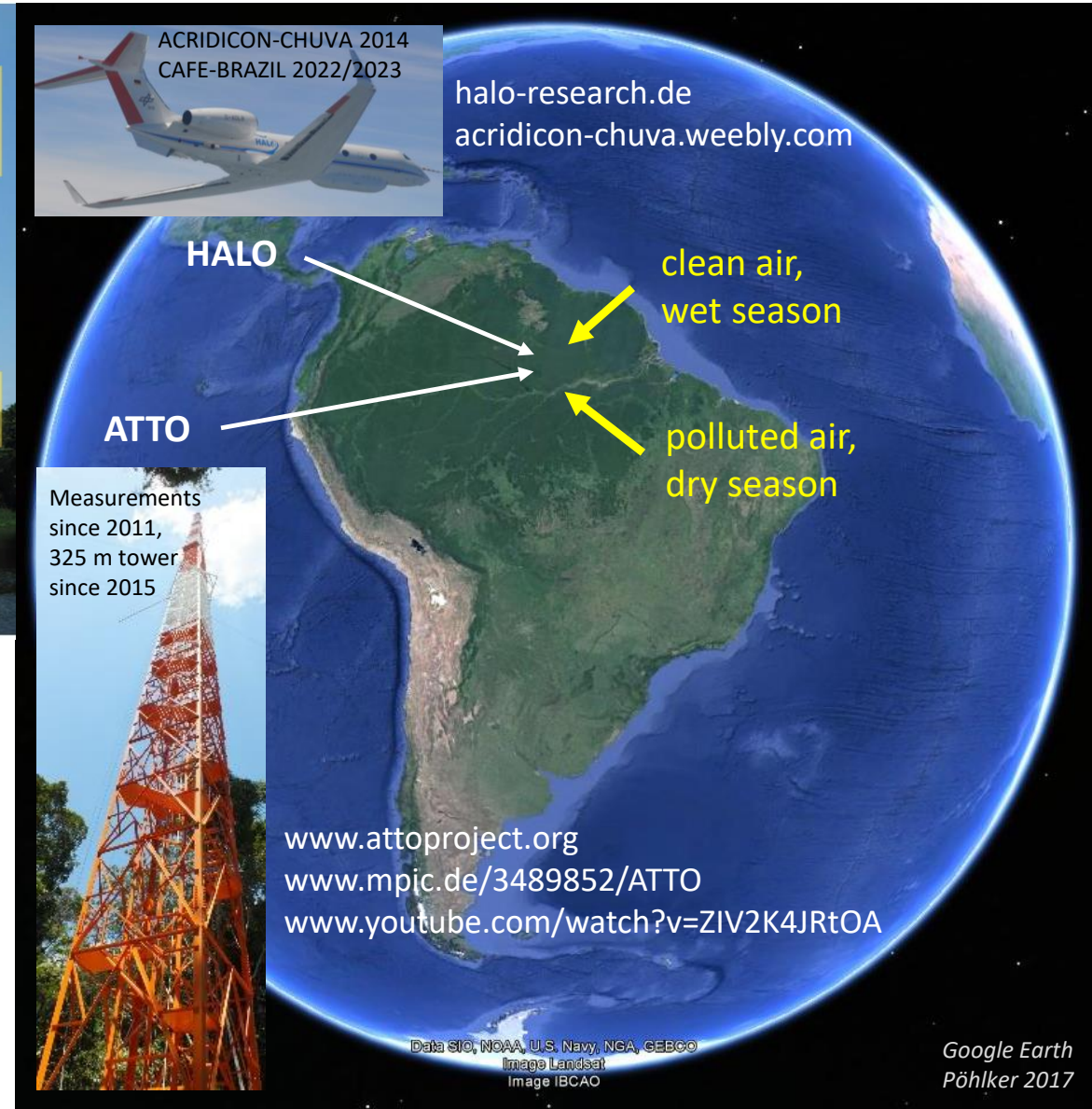
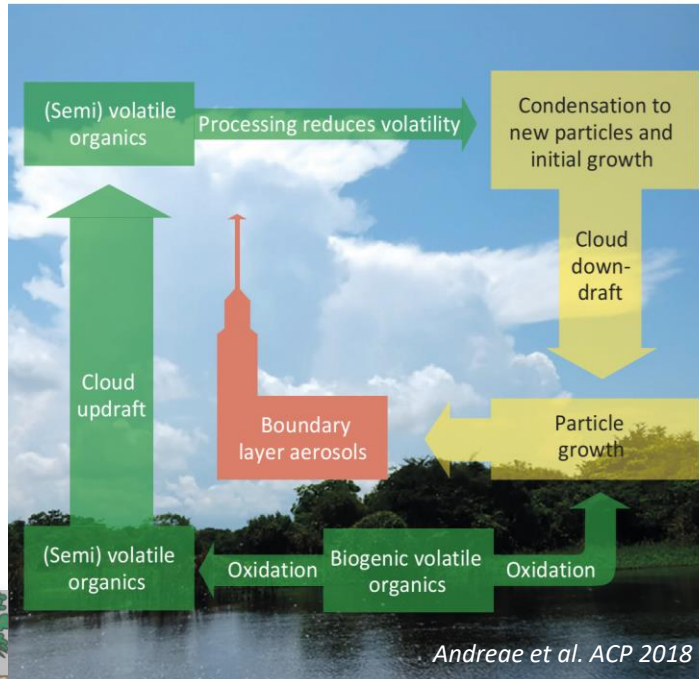
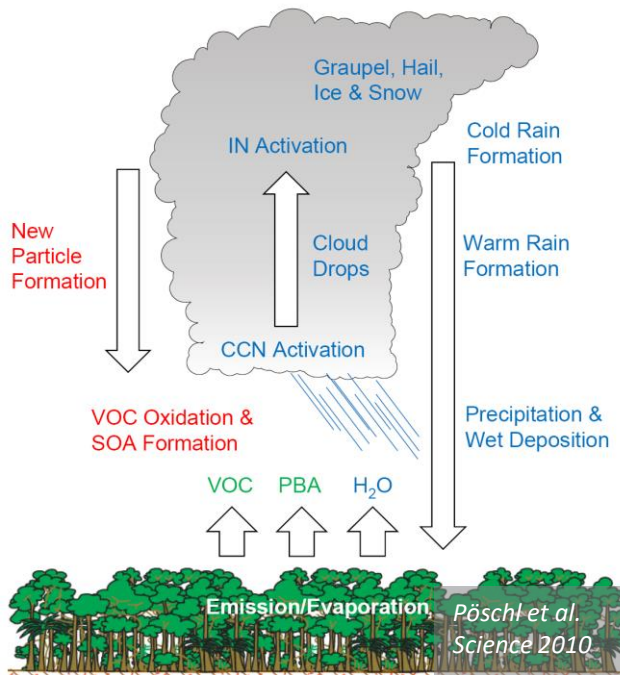
- ground, ship, aircraft & satellite observations: ATTO, HALO, CARIBIC, RVS Seibold ...
- laboratories, workshops & models: chem-phys-bio, mech/electr, process/atmos/earth ...
- close coupling & collaboration between MPIC departments, groups & partners

Earth & Solar System Research Partnership (ESRP):

MPI-C Mainz; MPI-M Hamburg, MPI-BGC & MPI-GA, Jena, MPI-SSR Göttingen & further partners in MPG & around world



MPIC-Forschungsschwerpunkt: Aerosole & Wolken



Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen gehören zu größten Unsicherheiten in Klima- & Wettervorhersagen

- **Wetterbericht:** Zuverlässigkeit Temperatur vs. Niederschlag
- **Klimastudien:** vorindustrieller Vergleichszustand & Wolkenbildung unter natürlichen/sauberen vs. verschmutzten Bedingungen?

Amazonas als Wolkenlabor & "Zeitmaschine"

- **Regenzeit:** extrem saubere Luft ($\sim 100 \text{ cm}^{-3}$, $\sim 1 \mu\text{g m}^{-3} \text{ PM}_{2.5}$)
- **Trockenzeit:** Biomasseverbrennung, Brandrodungen

Acknowledgement

Multiphase Chemistry Department & Partners at MPIC & around the World

Department Retreat, Stromberg, 11-13 Nov 2019



Institute Assembly, Mainz, 12 Jul 2022



Kritischer Rationalismus: Lehrbuchwissen

Zitate aus Standard-Lehrbuch der Physik [Anmerkungen UP]:

“Physik [bzw. Natur/Wissenschaft] **beobachtet** und **beschreibt** die ... **Eigenschaften der Welt**, in der wir leben. ... [mündet in] **Theorie**, die präzise **Vorhersagen ermöglicht**”

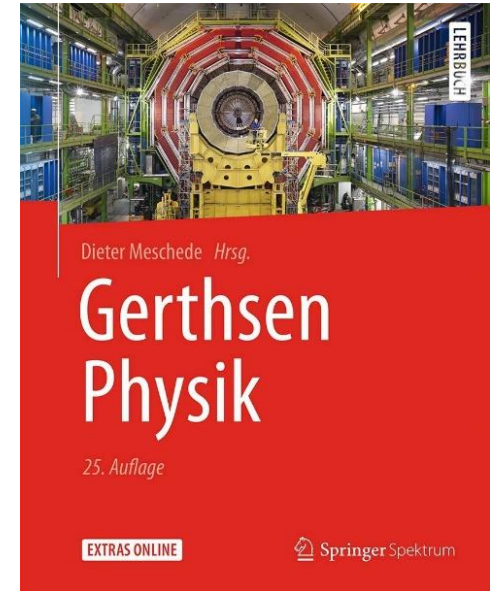
“Physikalische [bzw. natur/wissenschaftliche] **Experimente** haben die Aufgabe, **neue Phänomene** beobachtend zu erschließen, oder **theoretische Vorhersagen** zu überprüfen:
Ein physikalisches [bzw. natur/wissenschaftliches] Experiment ist **gültig**, wenn die [Mess]**Ergebnisse** **reproduzierbar** und von Ort, Zeit und handelnden Personen unabhängig sind.

Mit der **“Gültigkeit” der Theorie** ist es nicht ganz nicht so einfach. Die meisten Physiker [bzw. Natur/Wissenschaftler] **akzeptieren heute die Sicht des Philosophen Karl Popper (1902-1994):**

Eine physikalische [bzw. natur/wissenschaftliche] Theorie kann falsifiziert, aber nicht verifiziert werden.

Ein **gültiges Experiment kann ... eine Theorie widerlegen**. Andererseits kann die Menge aller ausgeführten Experimente **nie mehr als eine Stichprobe** aller möglichen Experimente sein.

Am Ende **setzen sich die Theorien durch, die allen Widerlegungsangriffen standhalten** [und durch möglichst umfassende und vielfach **bestätigte Vorhersagen** validiert werden bzw. **erfolgreiche Anwendungen** erlauben – Technik, Medizin ...].
Sie kommen der Wahrheit [bzw. einer objektiven Realität] immer näher, ohne jedoch den Anspruch auf [absolut] sicheres Wissen erheben zu können.”



Kritischer Rationalismus: Geschichte & Technik

Beispiele für Gültigkeit/Anwendbarkeit, Limitierung & Entwicklung wissenschaftlicher Theorien:

Klassische Mechanik (seit 16./17. Jh.; *Galilei, Kepler, Newton et al.*): Beschreibung & Vorhersage von Bewegungen & Kräften in Natur & Technik mit **gewöhnlichen Dimensionen** (Längen, Geschwindigkeiten, Energien), die mit einfachen menschlichen Sinnen in der Umgebung wahrnehmbar sind (Millimeter-Kilometer ...); **weiterhin gültig für technische Anwendungen in diesem Bereich** (Bautechnik, Maschinenbau ...)

Quantentheorie/Quantenmechanik (seit 1900; *Planck, Schrödinger, Heisenberg, Dirac et al.*): Erklärung von Phänomenen & Wechselwirkungen auf **sehr kleinen Skalen** (Größe/Energie von Atomen, Elektronen, Photonen ...); **Grundlage für moderne Elektronik & Informationstechnologie** (Computer, Mobiltelefon ...)

Relativitätstheorie/relativistische Mechanik (seit 1905; *Einstein et al.*): Erklärung von Phänomenen & Wechselwirkungen mit **sehr großen Geschwindigkeiten/Energien** (Lichtgeschwindigkeit, Galaxien, schwarze Löcher ...); wiss. Erklärung für **spezielle Effekte** in Astronomie/Astrophysik/Kosmologie & Nuklear- bzw. Hochenergie-Physik; Weiterentwicklungen: relativistische Quantenmechanik, Quantenfeldtheorie ...

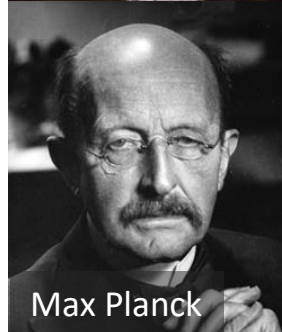
Validierung = Überprüfung & Bestätigung von realen Daten/Fakten & wiss. Erkenntnissen/Theorien; **„Verifikation“ mit absolutem Wahrheitsanspruch** natur/wissenschaftlich **nicht erreichbar/nachweisbar** (nur formalwissenschaftlich im Rahmen selbst-definierter Regeln, z.B. in Mathematik/Logik)

Erinnerung an Erkenntnistheorie & Wissenschaftlichkeit für Studierende & Mitarbeitende [UP, MPIC]:

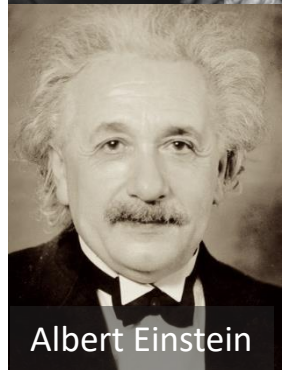
For consistency with the basics of science and epistemology, please avoid the word “verify” in standard scientific papers (unless you want to address philosophical/epistemological issues). We can validate hypotheses/models/theories (i.e., increase their likelihood/reliability), but we cannot “verify” them (i.e., prove that they are true), because there can always be other more complete explanations for what we observe. An example is the approach of solipsism, i.e., that we are just dreaming what we believe to experience. To me, the latter seems unlikely, but it is essentially impossible to rebut. For more information see Karl Popper et al. ...



Isaac Newton



Max Planck

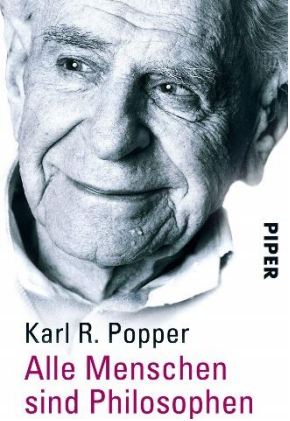


Albert Einstein

Kritischer Rationalismus: Wissenschaft & Gesellschaft

Erkenntnistheoretische Ziele & Abgrenzung der (Natur-)Wissenschaften:

- **Erklärung** der Wirklichkeit, näherungsweise **Beschreibung** einer objektiven Realität/Wahrheit
- **Voraussage** von Ereignissen/Ergebnissen, die **unter bestimmten Umständen** eintreten
- **Grundlage** für **Problemlösungen & Verbesserungen** in Leben & Gesellschaft (Technik, Medizin, Politik)
- **Abgrenzungskriterium**: wiss. **Argumente/Theorien** müssen **überprüfbar/widerlegbar** sein (Falsifizierbarkeit)



Anspruch & Erfolg der (Natur-)Wissenschaften:

Wissenschaft kann **keine absolute Wahrheit & Sicherheit** bieten, aber **Fakten/Argumente/Theorien prüfen & validieren** **oder widerlegen** sowie **valide Erklärungen & zielführende Entwicklungs- bzw. Entscheidungsgrundlagen** bereitstellen.

Wert & Validität (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnisse sind **im Alltag leicht nachvollziehbar**; praktische Beispiele für Anwendung von Mechanik/Quantenmechanik, Chemie/Biologie, Umwelt-/Erdwissenschaften etc.: *Verkehrstechnik/Mobilität, IT/Internet/Mobiltelefon, Medizintechnik/Medikamente, Lebensmittel/Lebenserwartung, Wetter/Klimavorhersage ...*

Wissenschaftliche & gesellschaftspolitische Schlussfolgerungen:

Ergebnisoffene Forschung, sachliche Diskussion & offene Kommunikation: Asymmetrie Falsifizierung vs. Verifizierung, Validierung vs. Verifizierung, Wahrscheinlichkeit vs. Sicherheit etc.; **Toleranzprinzip als KR-Kernsatz**: **Bereitschaft kritische Argumente zu hören und aus Erfahrung zu lernen.** *“Ich kann mich irren, Du magst recht haben, und durch [gemeinsame] Anstrengung können wir der Wahrheit näher kommen”*

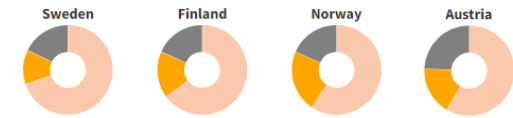
Popper, Unended Quest/Ausgangspunkte, 1974/2004, Open Society, 1945/2011; Niemann, Lexikon Krit. Rat., 2004/2006; Salamun, Jahrhundertdenker, 2017

Open Science & Open Communication

Berlin Declaration 2003, OA2020, Plan & Coalition S, ESAC ...

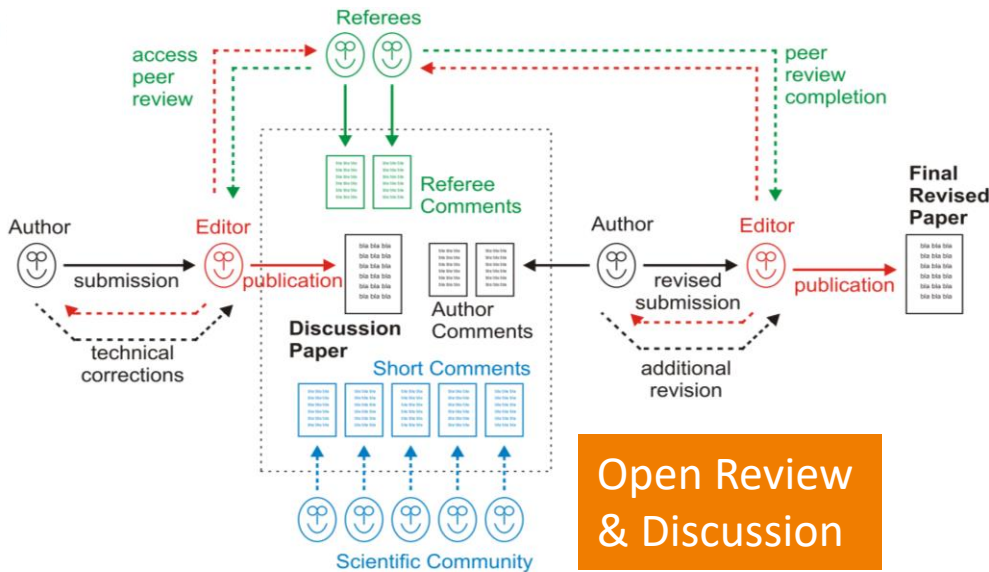


Legend: Transformative agreement (orange), Fully OA journal (yellow), Hybrid/Closed (grey)



cOAlition S
Making full and immediate Open Access a reality

A DECLARATION OF COMMITMENT BY PUBLIC RESEARCH FUNDERS



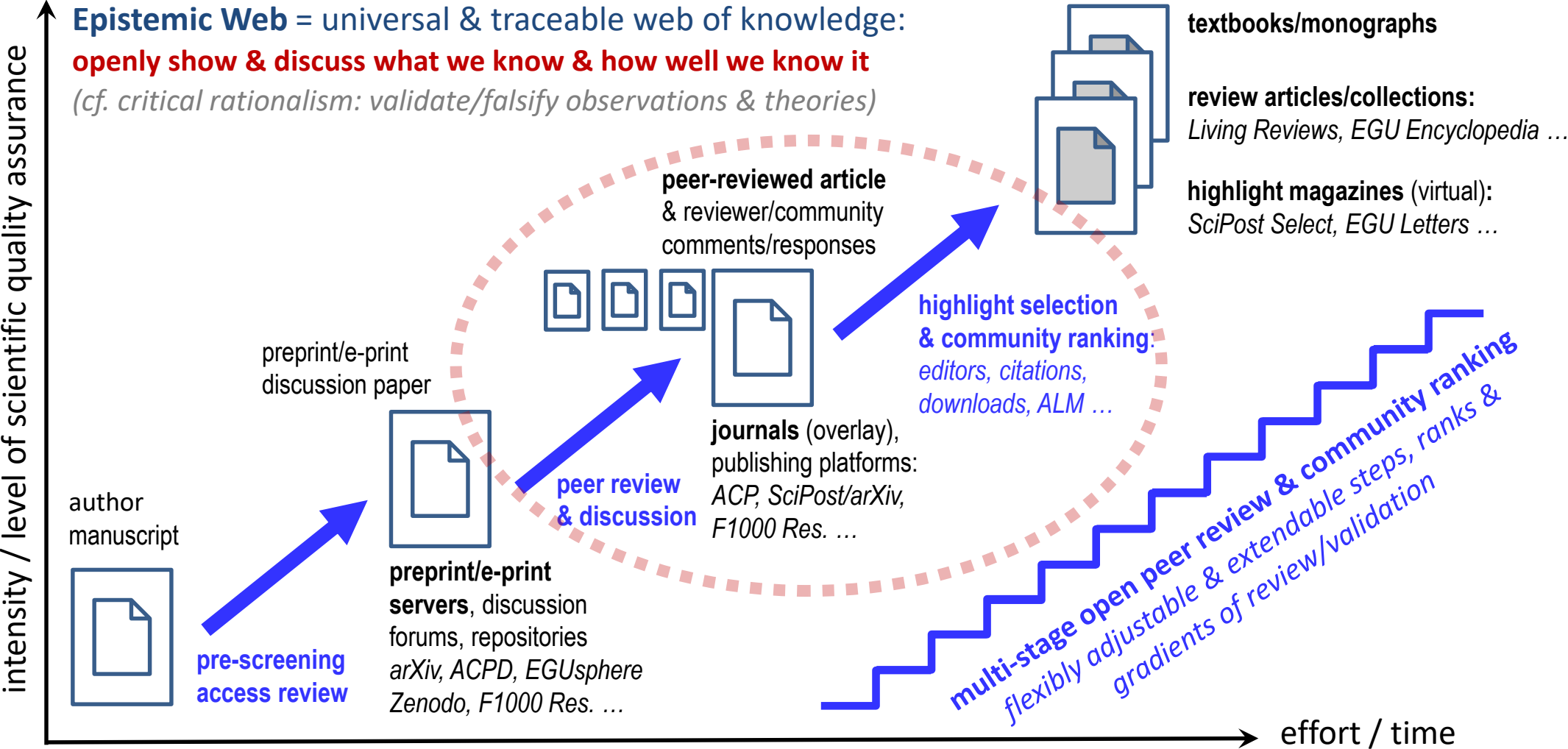
Open Access: free online availability & use of scholarly research articles

- **more & better information** for scholars & society (teaching, innovation ...)
- **equal opportunities** (social/global) & copyright (Creative Commons)
- **re-integrate scholarly & common knowledge** (e.g., Wikipedia figures, validated vs. alternative facts, climate change, pandemic measures ...)
- **liberate** distorted market for scholarly information (subscription oligopoly)
- **enhance** interdisciplinary exchange, discussion & collaboration
- **advance scholarly evaluation & quality assurance:** open review & discussion, new metrics beyond citation counting oligopoly (ALM) ...

Interactive OA Publishing & Open Peer Review:

- **combine & integrate** strengths of traditional peer review with virtues of **transparency & self regulation** in scientific quality assurance
- **free speech;** foster & document **scientific discourse;** save reviewer capacities; maximize quality assurance & **information density**
- **ACP/EGU** (since 2001): top quality & visibility at low rejection rates; large volume at low cost; financial sustainability & substantial income: 19 journals; >50,000 papers; >180,000 public comments, ~5 Mio EUR/yr
- **F1000 Research, SciPost Physics/arXiv** ... since 2012

Epistemic Web & Open Science



Practice & demonstrate transparent & rational approach of solving complex questions & problems through open science in global commons of scholarly knowledge (*open access, open data, open review, open source ...*)

⇒ **role model for societal decision processes**



- About
- Editorial & advisory board
- Articles
- Special issues
- Highlight articles
- Subscribe to alerts
- Peer review
- For authors
- For reviewers

Atmos. Chem. Phys., 16, 3761-3812, 2016
<http://www.atmos-chem-phys.net/16/3761/2016/>
doi:10.5194/acp-16-3761-2016
© Author(s) 2016. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 License.

- Article
- Peer review
- Metrics
- Related articles

Research article

22 Mar 2016

Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous

James Hansen et al.

Hansen et al. 2016 (UN-FCCC CoP 21, Paris 2015):
110 comments, > 290 000 views

acp.copernicus.org/articles/16/3761/2016/acp-16-3761-2016-discussion.html

Download

- Final revised paper (published on 22 Mar 2016)
- Supplement to the final revised paper
- Discussion paper (published on 23 Jul 2015)
- Supplement to the discussion paper

Download



- Supplement (2930 KB)

Short summary

We use climate simulations, paleoclimate data and modern observations to infer that continued high fossil fuel...
▶ Read more

Interactive discussion

Status: closed

AC: Author comment | RC: Referee comment | SC: Short comment | EC: Editor comment

- Printer-friendly version - Supplement

- SC C5202: 'SC Two papers that conflict with section 2.2. argument for Eemian "superstorm" activity', Andrew Revkin, 26 Jul 2015
- SC C5522: 'Is a 10% increase in wind speed enough to increase wave heights enough to move the Bahamian boulders in the Eemian?', Michael Wehner, 31 Jul 2015
- AC C8101: 'Response to SC C5522', James Hansen, 15 Oct 2015
- AC C5615: 'Boulders in the Bahamas: Response to Comment by A. Revkin on paper Ice Melt, Sea Level Rise and Superstorms', James Hansen, 04 Aug 2015
- SC C5885: 'Boulders show mega-tsunamis and multi-metre sea level rise could result from rapid Arctic warming; both precautionary and preventative actions are required urgently', John Nissen, 13 Aug 2015
- AC C7872: 'Response to SC C5885', James Hansen, 12 Oct 2015
- SC C6270: 'Speculations on superstorms', Max Engel, 26 Aug 2015

Citation

- BibTeX
- EndNote

Share



User ID

Password

▶ New user? | ▶ Lost login?

Journal metrics

IF 5.053

IF 5-year 5.656

SNIP 1.574

Gliederung

Einführung & Überblick

- MPG & MPIC, Erdsystemforschung & Anthropozän
- Kritischer Rationalismus & offener Diskurs in der Wissenschaft:
Open Access, Open Science, Epistemic Web/Epistemisches Netz

Luftqualität & Gesundheitsschutz

- Feinstaub, Ozon, Stickoxide: Lebenserwartung & Allergien
- Masken & Lüften in und jenseits von Pandemien

Globale Erwärmung & Klimaschutz

- Natürlicher & anthropogener Klimawandel
- Gesellschaftliche & individuelle Beiträge

Zukunftsperspektiven im Anthropozän

- Herausforderungen & Lösungsansätze

Air Pollution & Human Health

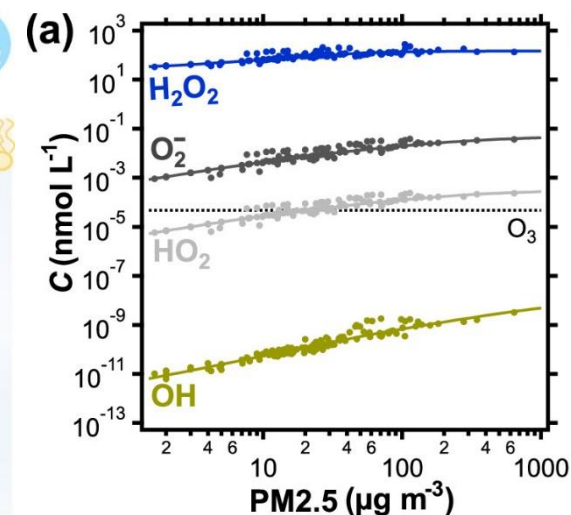
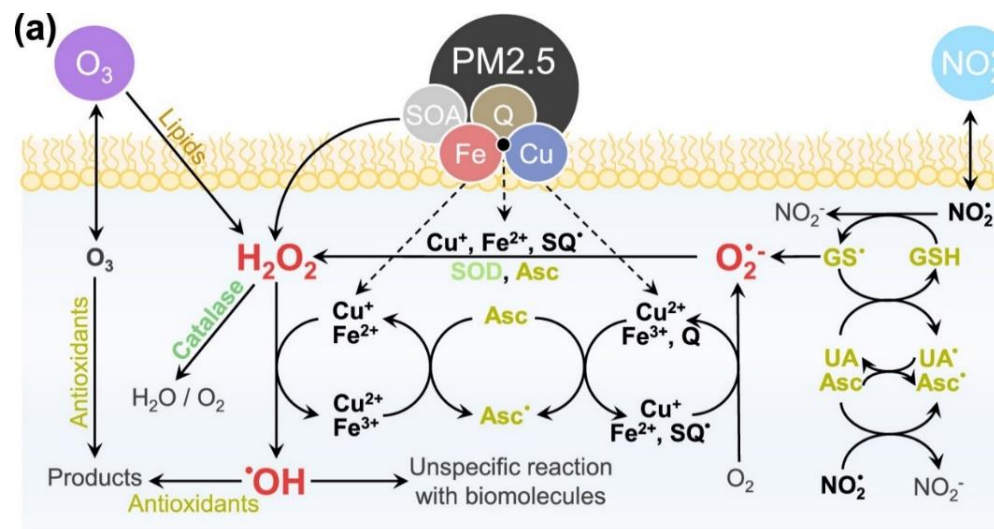
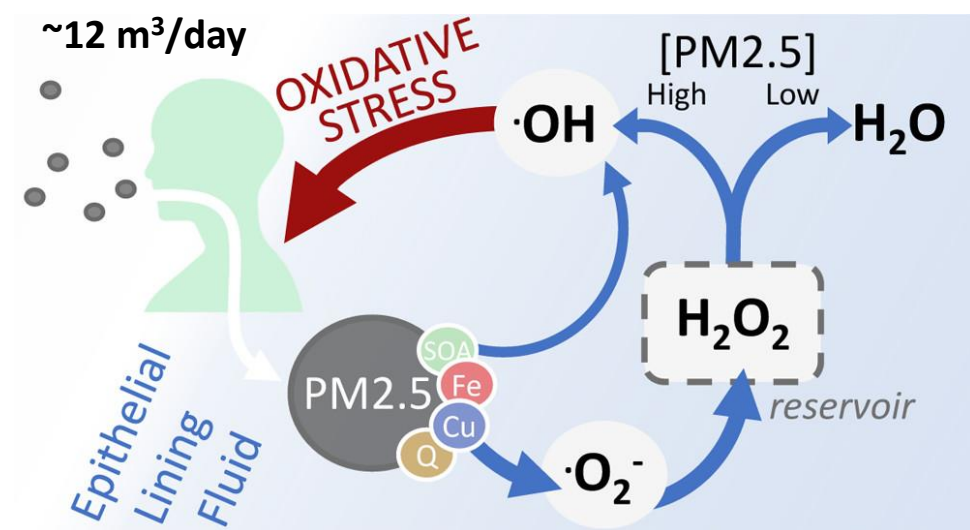
Global Burden of Disease for 2019, *Lancet* 2020, www.healthdata.org/gbd:

Air pollution among top 5 risk factors for attributable morbidity & mortality – together with high blood pressure, high body mass index, dietary risks (high meat, low fruit/vegetables ...), and tobacco smoking. **Global mean loss of life expectancy (LLE) by air pollution: ~3 yr** (2015; **Germany ~2.4 yr**); larger than LLE by tobacco smoking ~2 yr, parasitic/vector-borne diseases ~0.6 yr (malaria, dengue ...), or violence ~0.2 yr (interpersonal/collective; *Lelieveld et al., Cardiovascular Research* 2020)

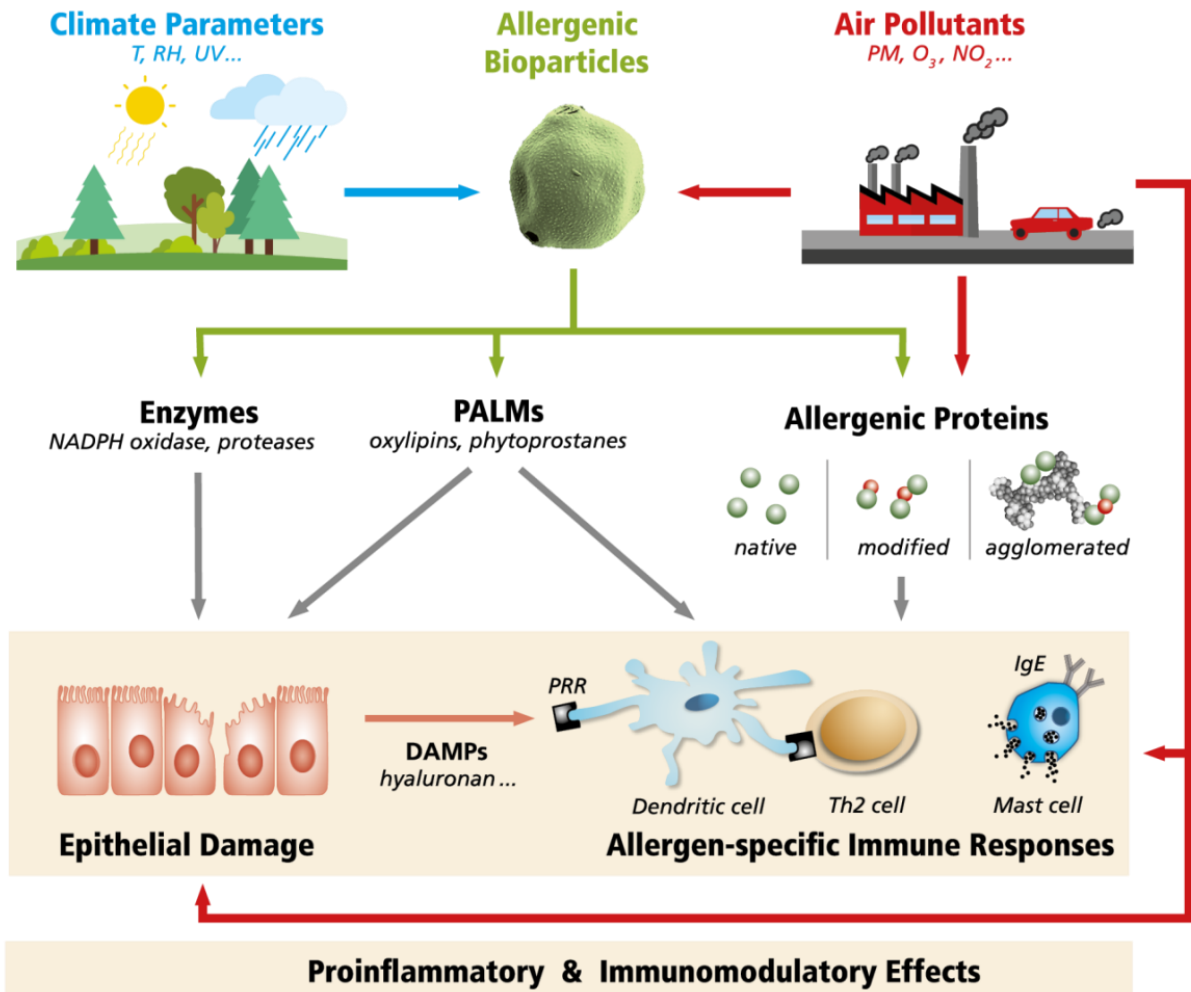
Epidemiology & Toxicology: hazard ratios/relative risks related to fine particulate matter (**PM2.5**), ozone (**O₃**), and nitrogen dioxide (**NO₂**, less clear); likely caused by **oxidative stress & chronic/acute inflammation** (www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution)

Detailed molecular/chemical explanation missing: exposure-response-relations & differential toxicity of PM2.5 components?

epithelial lining fluid (ELF) reactor: uptake & chemical reactions of PM2.5, O₃ and NO₂, Fenton & antioxidant chemistry model (KM-SUB-ELF)
 → elucidate pathways & metrics for **oxidative stress (H₂O₂ ↔ OH)** → explain epidemiological exposure-response models (IER, GEMM)

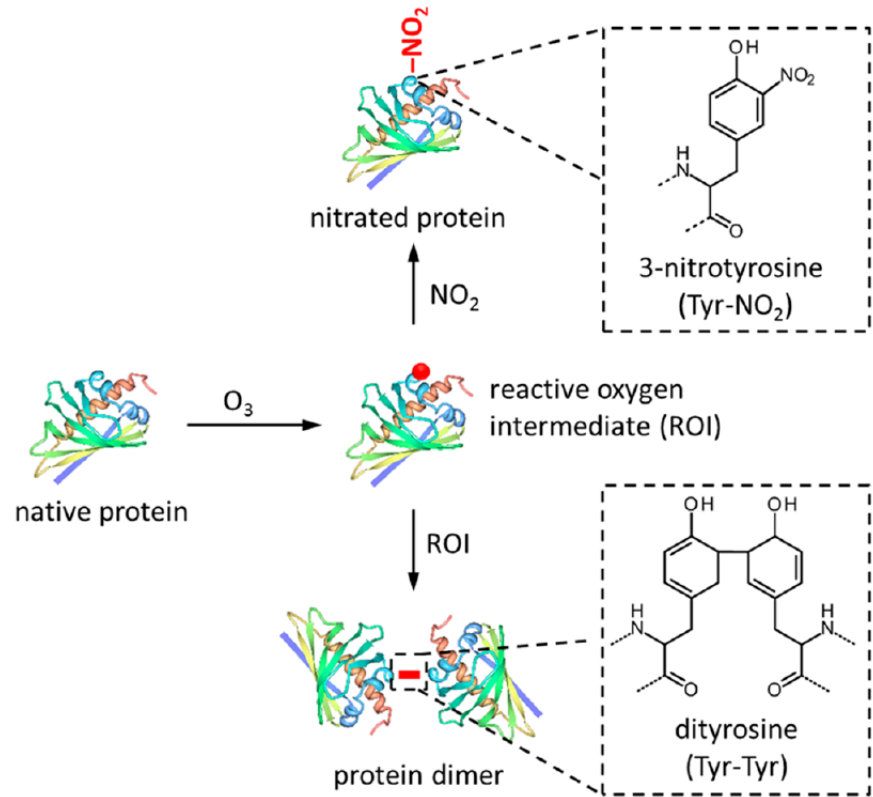


Air Pollution & Allergies



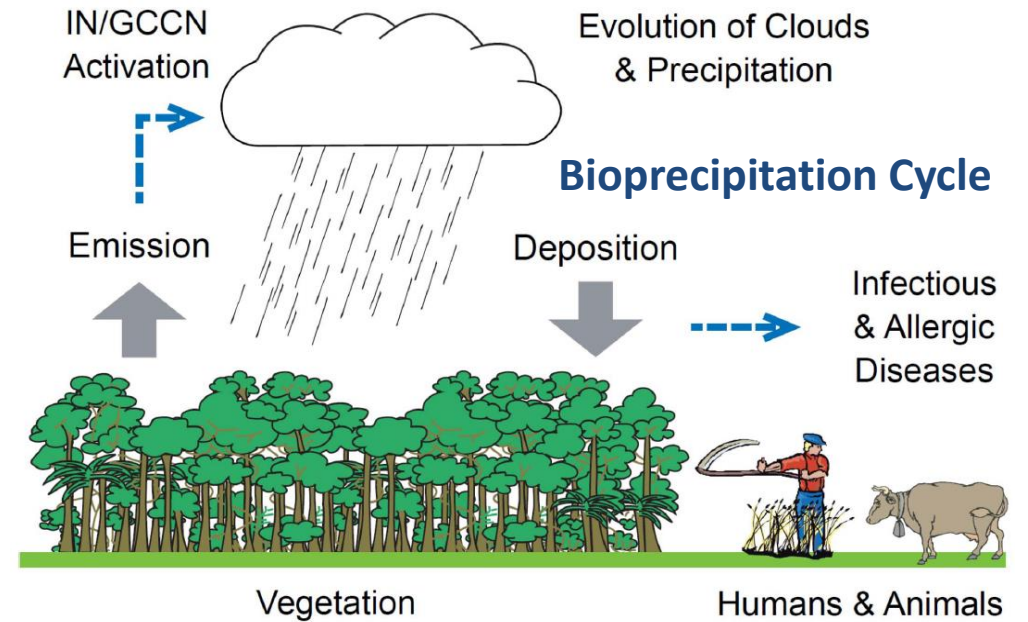
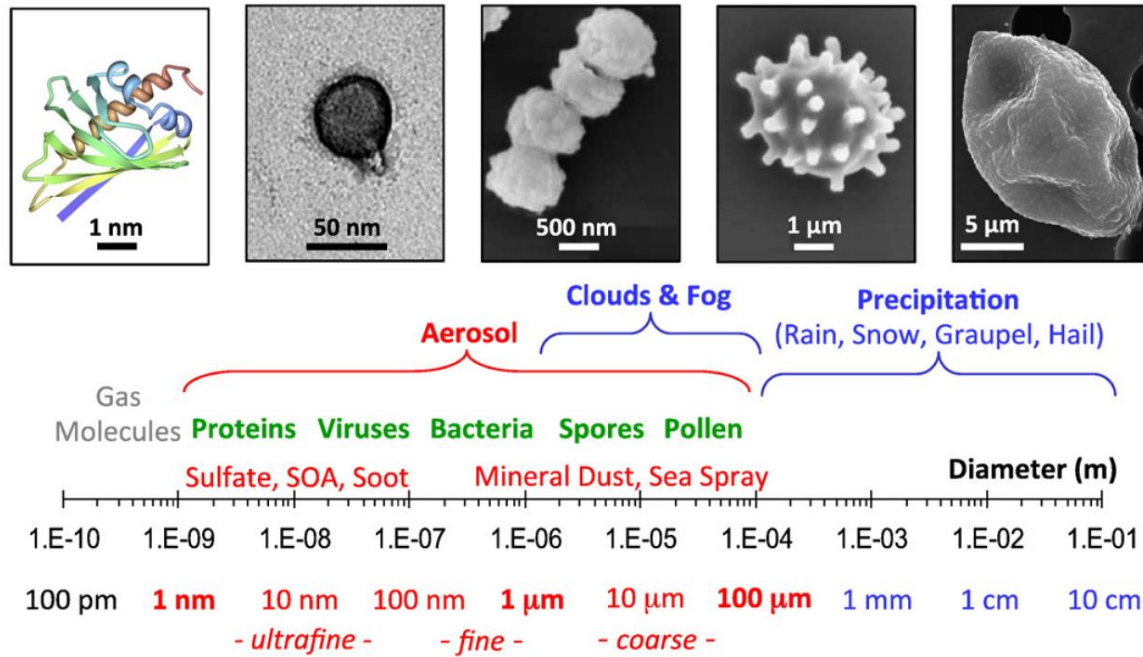
Pathways for climate parameters & air pollutants to influence the release, potency, and effects of allergens and adjuvants

How may climate & air pollution trigger/enhance allergies, i.e., false alarms of the immune system ?



Molecular rationale: chemical modification of proteins by atmos. & physiol. reactive species (O₃, NO₂, ONO₂⁻ ...) may trigger immune reactions & chronic inflammation

Bioaerosols



Atmospheric biodiversity: high abundance, diversity & fluxes of airborne bacteria & fungi (“life is in the air”):

$\sim 1 \mu\text{g m}^{-3}$, $\sim 10 \text{ L}^{-1}$, $\sim 10^2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $> 10^3$ species (urban PM; DNA, protein & fluorescence analysis)

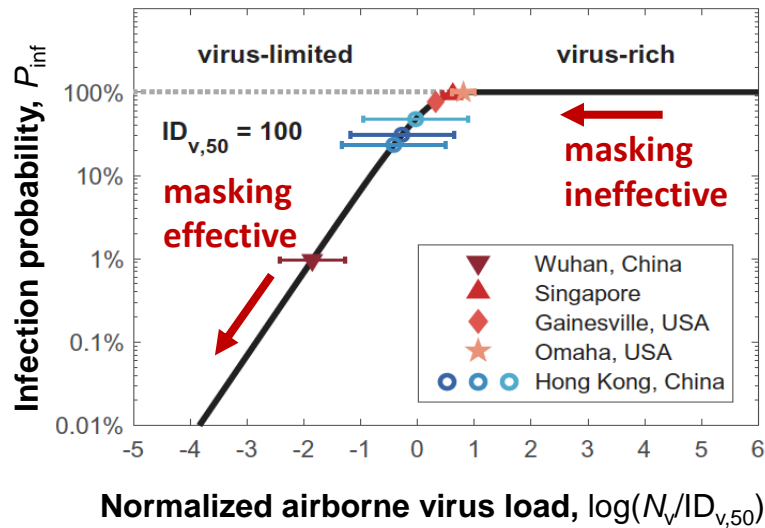
$\sim 10 \text{ ng m}^{-3}$ DNA \Rightarrow inhalation of $\sim 1 \mu\text{g/day} \equiv \sim 10^6$ bacterial genomes/day

Cloud condensation & ice nuclei (CCN/IN): co-evolution of life & climate \Rightarrow **bioprecipitation cycle**

Pathogens: permanent challenge \Rightarrow **infectious & allergic diseases**

SARS-CoV-2/COVID-19: explain transmission by respiratory droplets/aerosols/; quantify efficacy of protective measures

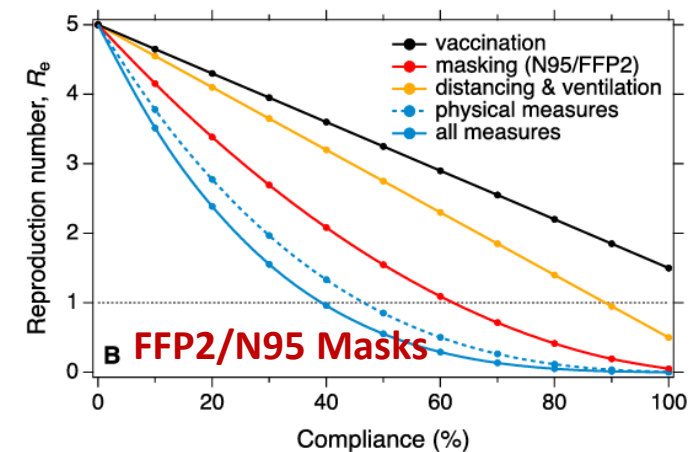
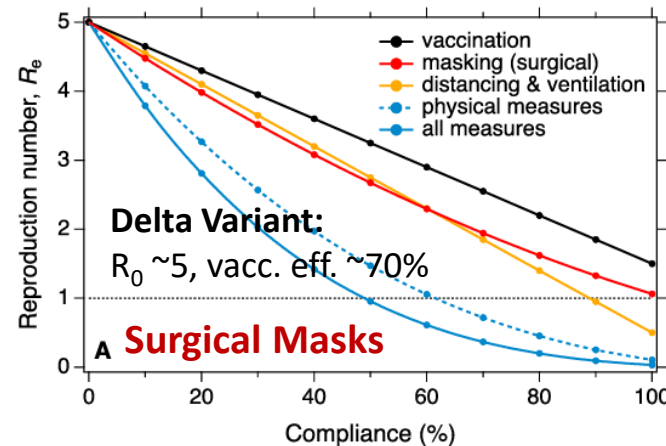
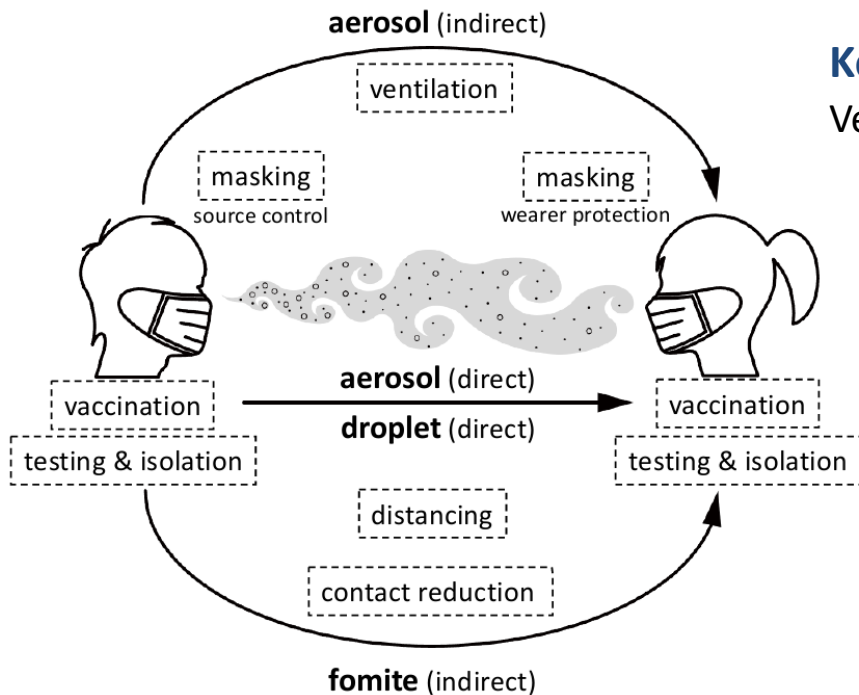
Infektionsschutz durch Masken & Lüften etc.



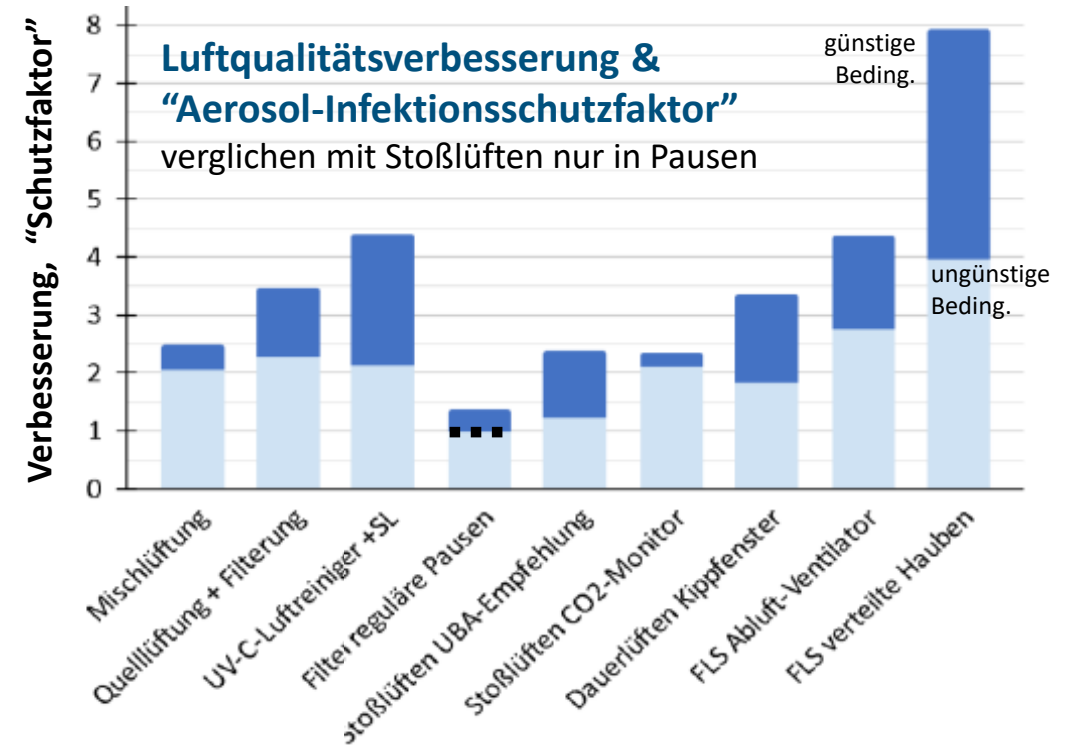
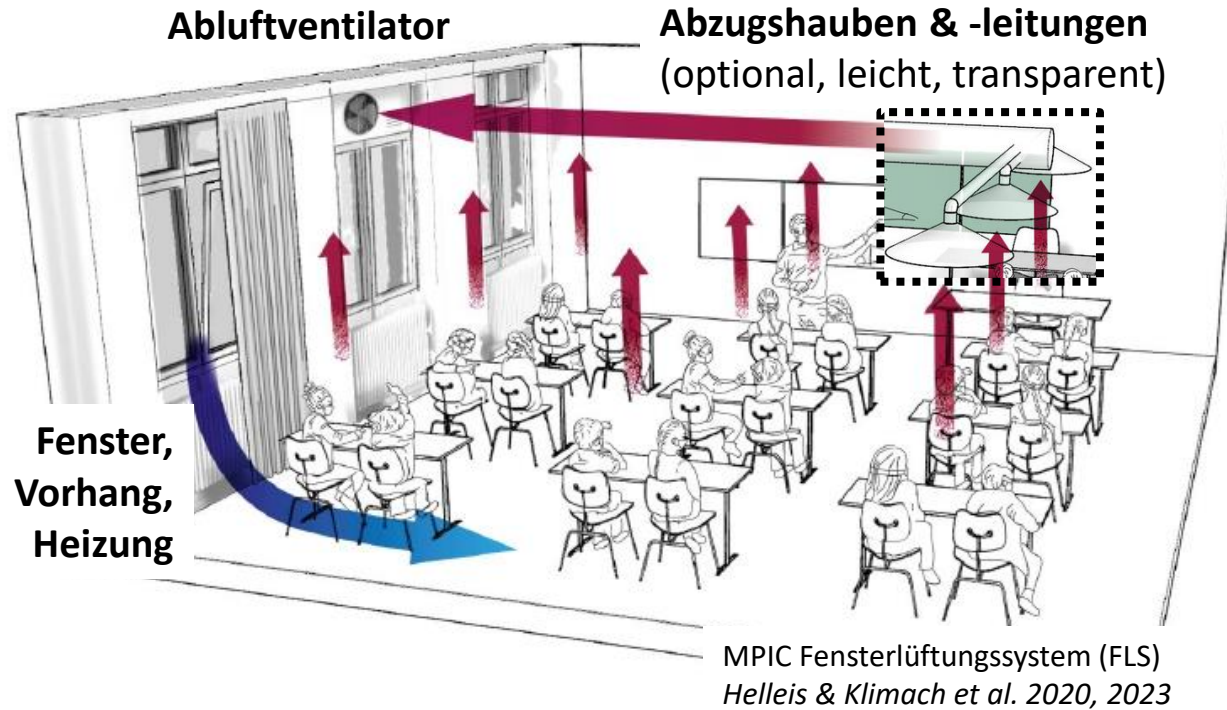
Masken seit langem etabliert & wirksam gegen Ausbreitung von Infektionskrankheiten durch Atemluft (Pöschl & Witt/Charité 2021, www.mpic.de/4972236/statement-poeschl-witt)

- verhindern **Tröpfchenübertragung** ($>0,1$ mm) praktisch **vollständig** (auch im Freien); verringern **Aerosolübertragung** ($<0,1$ mm) um Faktor **~2-4** (MNS) bis **~10-20** (FFP2)
- **schützen Träger & Umfeld**, multiplikativ bei Verwendung durch infektiöse & susceptible Personen (**bis Faktor ~100**); wirksam nur während Anwendung ($\sim 50\%$) & unter „normalen“ bzw. verdünnten Bedingungen; bei sehr hoher Viren-Belastung (z.B. schlecht gelüftetes Krankenzimmer) lässt effektive Wirkung nach (virus-reiches Regime: $P_{inf} \rightarrow 1$)
- **analog zu Sicherheitsgurten, Kopfstützen, Airbags etc.** bei untersch. Kräften: **sehr guter Schutz aber keine absolute Sicherheit**; Empfehlung/Pflicht **differenziert nach Umfeld/Situation**

Kombination & Synergie mit Lüften & anderen Maßnahmen: erhöhter Schutz & Verringerung der effektiven Reproduktionszahl als Funktion der **Einhaltung** (Compliance)



Effiziente & klimafreundliche Belüftung von (Klassen-)Räumen



Natürliche Belüftung/Fensterlüftung mit einfachen Hilfsmitteln (Abluftventilator ...): **klimafreundlich mit hoher Wirksamkeit & geringem Aufwand**; Nutzung vorhandener Infrastruktur (Fenster, Heizung) & natürlicher Konvektion im Raum (Personenwärme); Fensterlüften geht auch ohne Ventilator – **am besten kontinuierlich**, aber natürlich nur nach Bedarf (Prüfung/Einstellung mit CO₂-Sensor)

Urbane Mythen & Lobbyismus zu Wärmeverlusten bei **Stoßlüften** vs. **Dauerlüften** (äquivalent); Diskussion & Aufklärung im Gange: **Raumlufttechnik (RLT/WRG) verbraucht mehr Energie** als durch Wärmerückgewinnung (WRG) unter durchschnittlichen mitteleurop. Bedingungen eingespart werden kann: nicht energiesparend/ressourcenschonend/klimafreundlich; technisch & hygienisch fragwürdig; **nur in Spezialfällen sinnvoll** (Lärm, Luftverschmutzung, Kälte: z.B. in Hauptverkehrsstraßen, Bergregionen ...)