



UNIKLINIK
KÖLN



Hirngesundheit im Zeichen des Klimawandels

Basismodul II: Neurologie und Klima

06.05.2026 Linz | Dr. Moritz Thiel | Zentrum für Kinder und Jugendmedizin, Neuropädiatrie und SPZ



CEFAM
Centrum für
Familiengesundheit

YOUNG EPNS (YEPNS)

invites young professionals starting out or already working in the field of paediatric neurology to get involved in the YEPNS activities



Freitag, 8. Mai 2026

Wissenschaftliches Programm

Junge Neuropädiatrie: Neuropädiatrie trifft Nachhaltigkeit

11:00 - 12:30

Q Kongresssaal/ Livestream

Präsentationen

11:30 - 11:55 **Klima und Kinderneurologie**
Thomas Földesli

Simply complete the online form
<https://www.epns.info/> Email: info@epns.info



EUROPEAN
PAEDIATRIC
NEUROLOGY
SOCIETY

5 Working Groups

- Education & Clinic
- Research & Career
- Guidelines & Good Clinical Practice
- Social Media & Networking
- Climate change & Sustainability

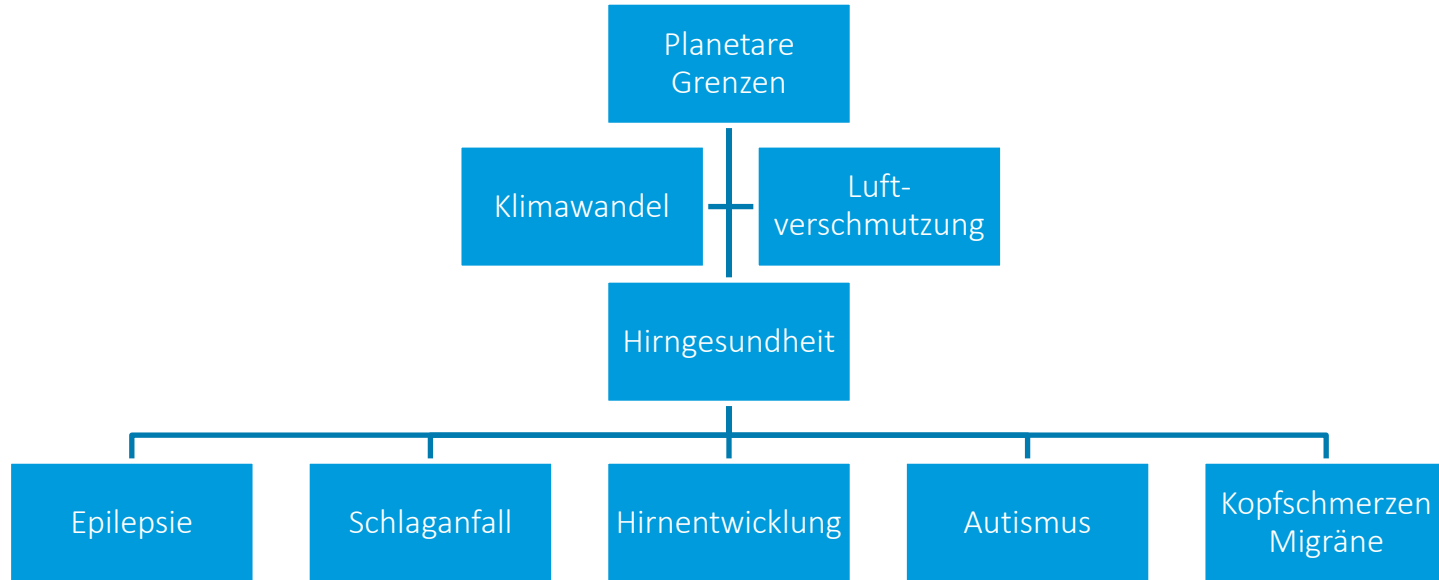


CEFAM
Centrum für
Familiengesundheit



**UNIKLINIK
KÖLN**

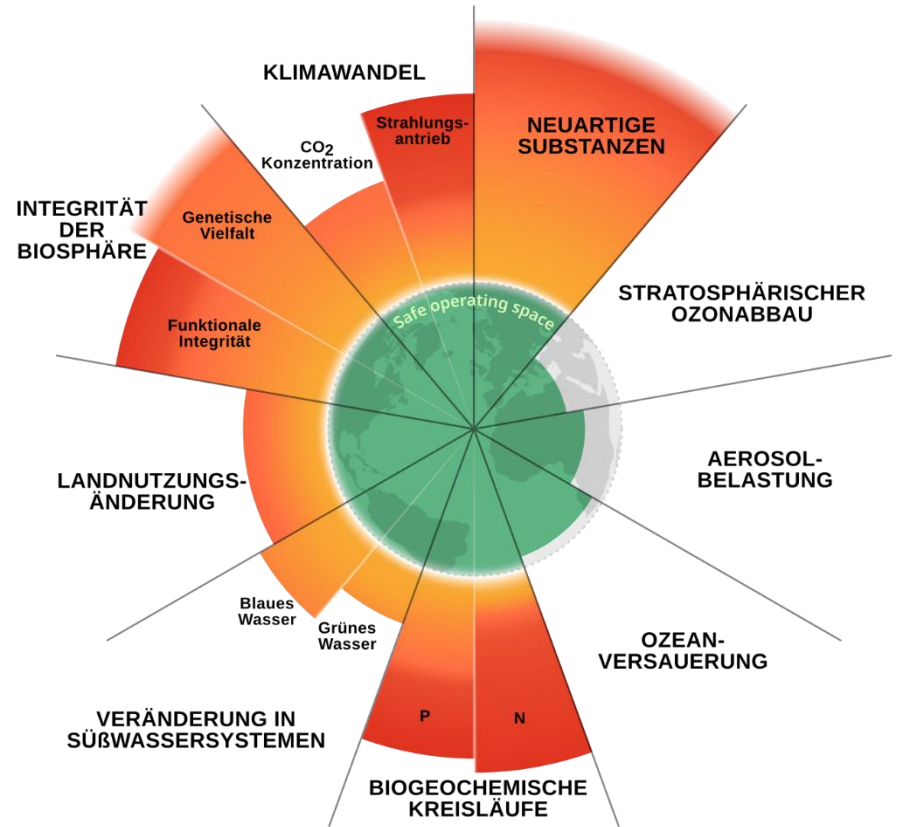
Hirngesundheit im Zeichen des Klimawandels



Planetare Grenzen

Modell von 2009:

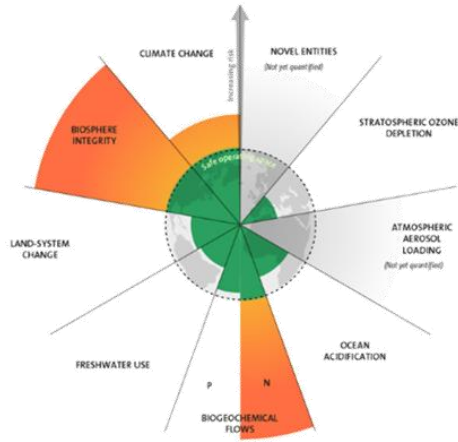
- Ampel wie es unserem Planeten geht
- 9 Grenzen stecken Rahmen ab, in dem wir Menschen gut Leben können
- Grenze ab wann Planet unsere Lebensweise nicht mehr tragen kann
- Überschreitung
 - Kaskadeneffekt
 - Beeinflusst andere Bereiche
 - Irreversible Veränderungen
 - Risiken für menschliche Gesundheit



Stockholm Resilience Centre (Johan Rockström et al.)

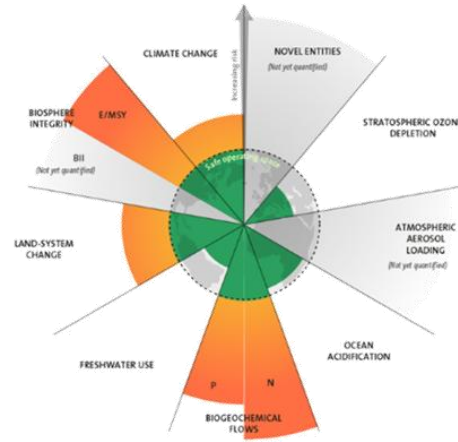
Planetare Grenzen

2009



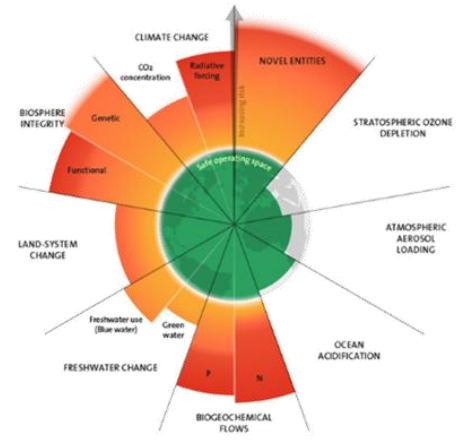
7 boundaries assessed,
3 crossed

2015



7 boundaries assessed,
4 crossed

2023

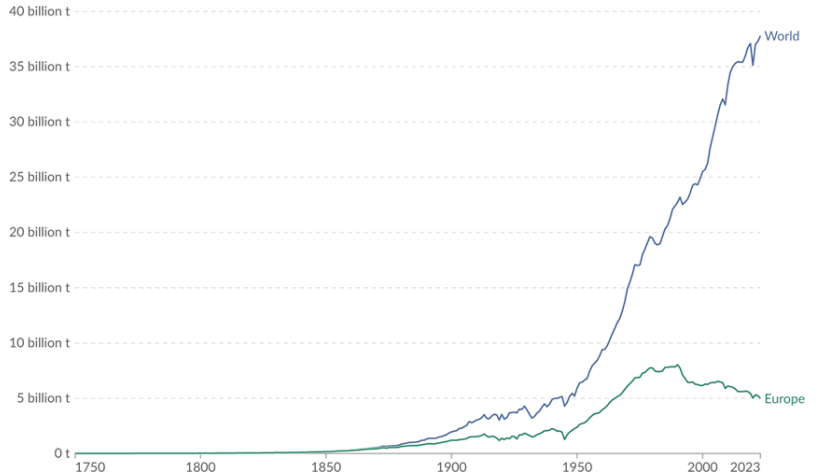


9 boundaries assessed,
6 crossed

Klimawandel

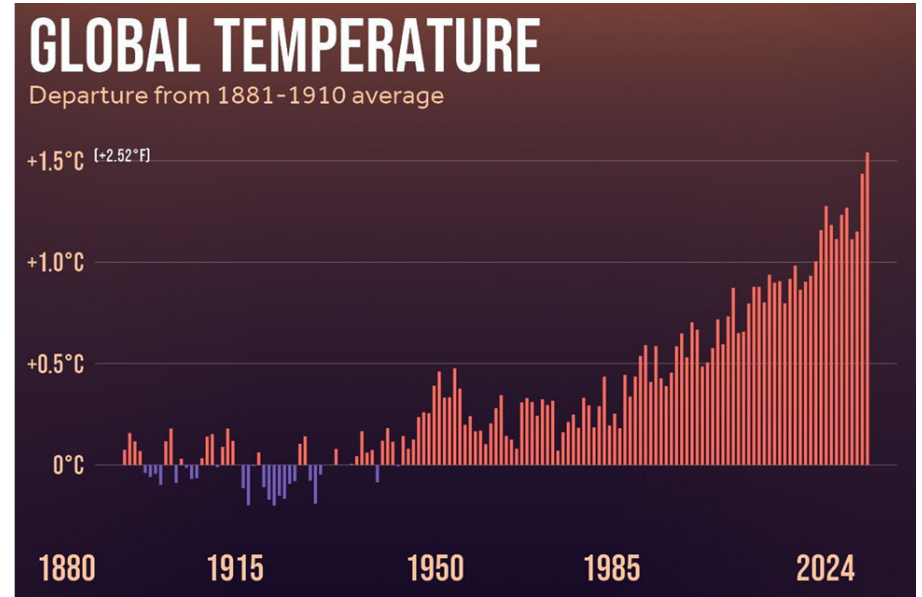
Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



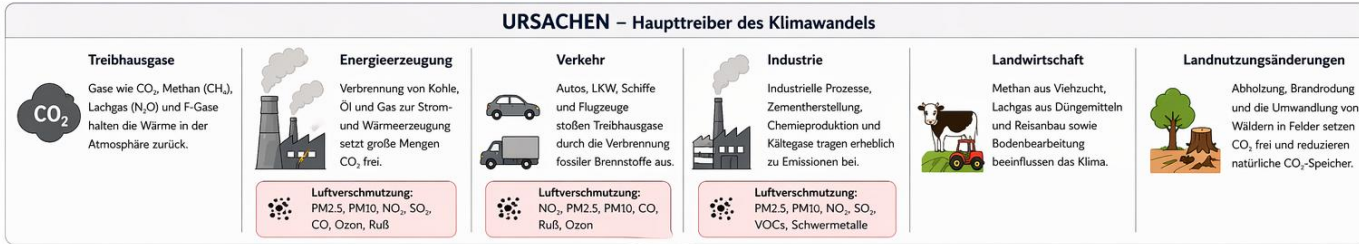
Data source: Global Carbon Budget (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY



KLIMAWANDEL – ÜBERSICHT

URSACHEN – Haupttreiber des Klimawandels



AUSWIRKUNGEN – Folgen für Mensch und Natur



KLIMAWANDEL

Langfristige Veränderung des Klimas auf der Erde, hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten.

VERÄNDERUNGEN – Was verändert sich im Klimasystem?



Luftverschmutzung – eine direkte Auswirkung der Haupttreiber

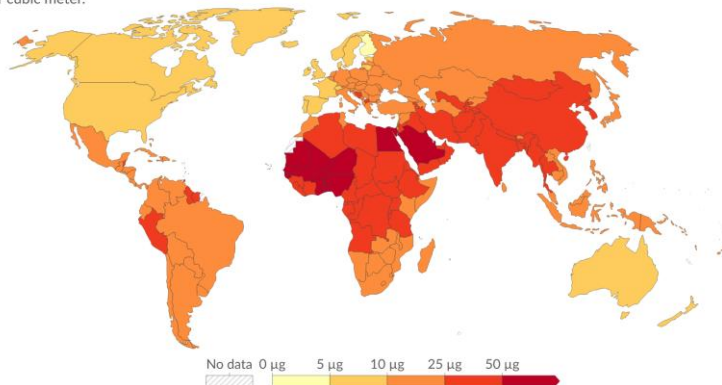


Luftverschmutzung

Average annual exposure to PM2.5 air pollution, 2020

The average level of exposure of the population to suspended particles less than 2.5 microns in diameter, which are capable of penetrating deep into the respiratory tract and damaging health. This is measured in micrograms per cubic meter.

Our World
in Data



Data source: Global Burden of Disease Study 2021 (GBD 2021) Air Pollution Exposure Estimates, IHME, via World Bank (2026)
Note: The WHO's Air Quality Guidelines suggest annual average PM2.5 exposure should be less than 5 µg/m³ in order to minimize the impacts of PM2.5 on human health.
OurWorldinData.org/air-pollution | CC BY



shutterstock.com · 2608644521

- Industrie/Verkehr
 - Feinstaub
 - Inhalierbarer Feinstaub <math><10\mu\text{m}</math> (PM10)
 - Lungengängiger Feinstaub <math><2,5\mu\text{m}</math> (PM2.5)
- Verbrennung
 - Stickstoffdioxid (NO₂)
 - Schwefeldioxid (SO₂)
 - Kohlenmonoxid (CO)
- Ozon (O₃) → entsteht meist aus sekundär aus NO_x und Sonneneinstrahlung

Altersabhängige Belastung variiert



Das Unicef-Foto des Jahres zeigt ein Mädchen vor ihrem Teeladen, der durch das Meerwasser auf der Insel Namkhana völlig zerstört ist.

„Children’s Climate Risk Index“ von UNICEF (2021) weltweit:
9 von 10 Kindern schädlicher Luftverschmutzung ausgesetzt,
1 von 3 Kindern von Hitzewellen, Wasserknappheit
Bleibelastung betroffen,
1 von 4 Kindern durch vektorübertragene Krankheiten
gefährdet,
1 von 6 Kindern von Zyklonen sowie Überschwemmungen
betroffen.
Kinder unter 5 Jahren tragen 88 % der weltweiten Krankheitslast,
die mit klimabedingten Gesundheitsrisiken zusammenhängt.

Sampath V et al. *Pediatric Research*, 2022 <https://data.unicef.org/resources/childrens-climate-risk-index-report/>



1. KOGNITIVE ENTWICKLUNG

Fähigkeiten, die das Denken und Lernen ermöglichen



- Lernen und Gedächtnis
- Aufmerksamkeit und Konzentration
- Sprache und Kommunikation
- Problemlösen und Kreativität



2. EMOTIONALE & SOZIALE ENTWICKLUNG

Fähigkeiten für den Umgang mit sich selbst und anderen

- Emotionsregulation
- Selbstvertrauen und Selbstwert
- Soziale Interaktion und Empathie
- Stressbewältigung



HIRNGESUNDHEIT BEIM KIND

Grundlage für Lernen, Wohlbefinden und eine gesunde Zukunft



3. NEUROLOGISCHE FUNKTION

Gesunde Funktion und Entwicklung des Gehirns und Nervensystems



- Reizverarbeitung (Sehen, Hören, Bewegung, Tastsinn)
- Gesunde neuronale Vernetzung (Synapsenbildung)
- Myelinisierung und Informationsverarbeitung
- Motorik und Koordination



4. VERHALTEN & ENTWICKLUNG

Altersgerechtes Verhalten und gesunde Entwicklung

- Altersgerechtes Verhalten
- Keine Entwicklungsverzögerungen oder neurologischen Störungen
- Psychisches Wohlbefinden



5. WAS BEEINFLUSST DIE HIRNGESUNDHEIT?



BIOLOGISCHE FAKTOREN

- Genetik
- Schwangerschaft und Ernährung
- Geburt und frühe Kindheit



UMWELTFAKTOREN

- Luftqualität
- Schadstoffe und Toxine
- Klimawandel
- Zugang zu Natur und sauberem Wasser



SOZIALES UMFELD

- Liebevolle Bindung
- Förderung und Bildung
- Stabiles und sicheres Umfeld
- Soziale Unterstützung



LEBENSSTIL & ALLTAG

- Gesunde Ernährung
- Ausreichend Schlaf
- Bewegung
- Begrenzte Medienzeit

WARUM IST DAS WICHTIG?



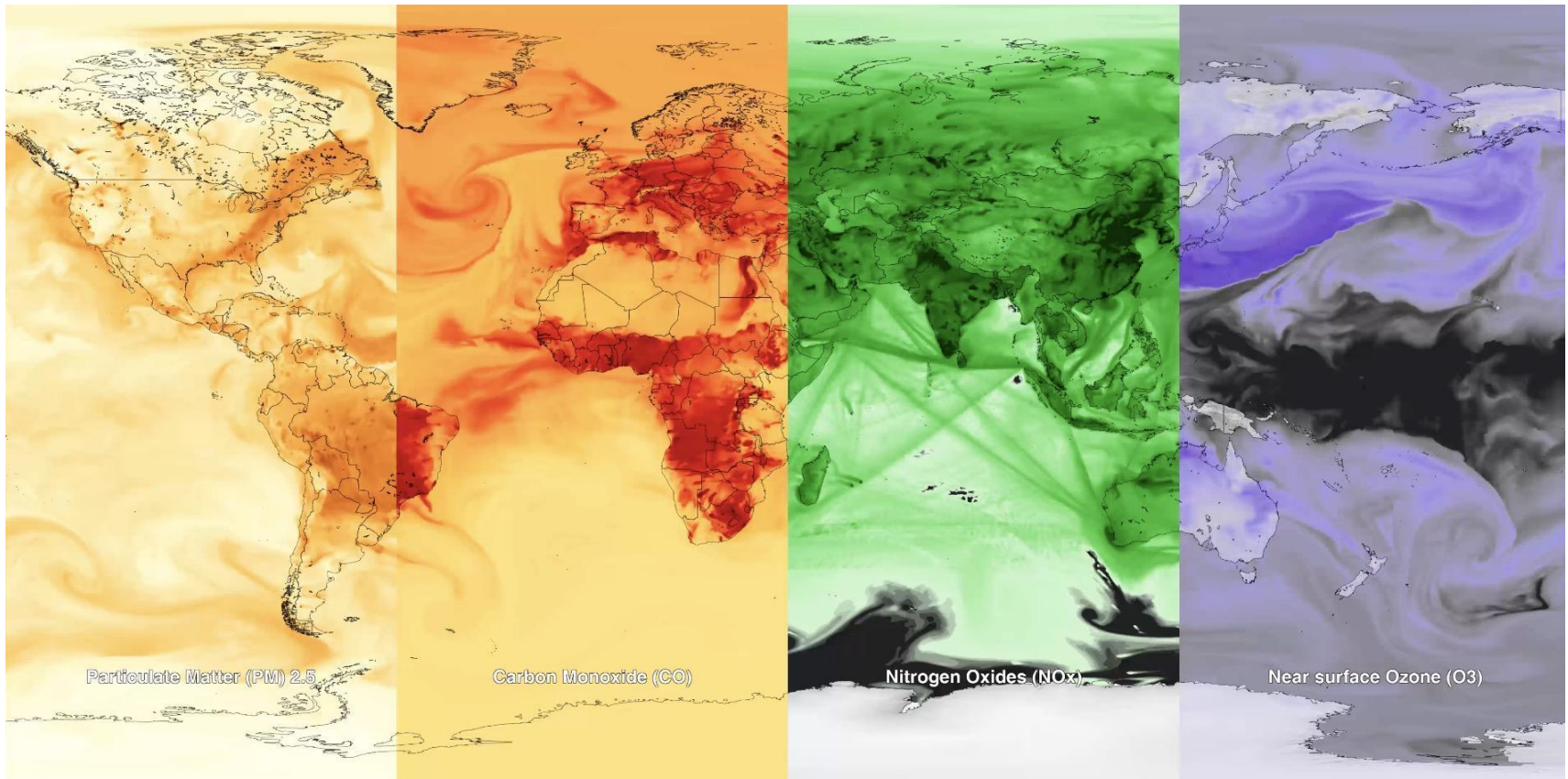
- ✓ Über 80 % der neuronalen Entwicklung bis zum Alter von 3 Jahren
- ✓ daher besonders vulnerable Phase
- ✓ Tiefgreifender Gehirnarichterschaden möglich -> Entwicklungsstörung
- ✓ Lernen, Verhalten sowie körperliche und psychische Gesundheit können dadurch beeinflusst werden
- ✓ Reparatur/Erholung limitiert und daher ist die Prävention besser



QUELLEN: WHO – Protecting and promoting children's brain health (2022) | UNICEF – Early moments matter for every child (2021) | Harvard Center on the Developing Child – Brain Architecture | Lancet Commission on Child and Adolescent Wellbeing (2017)



Tenor.com
UNIKLINIK
KÖLN



Nasa Science: AIR

Visuelle Darstellung Luftschadstoffe

Luftverschmutzung

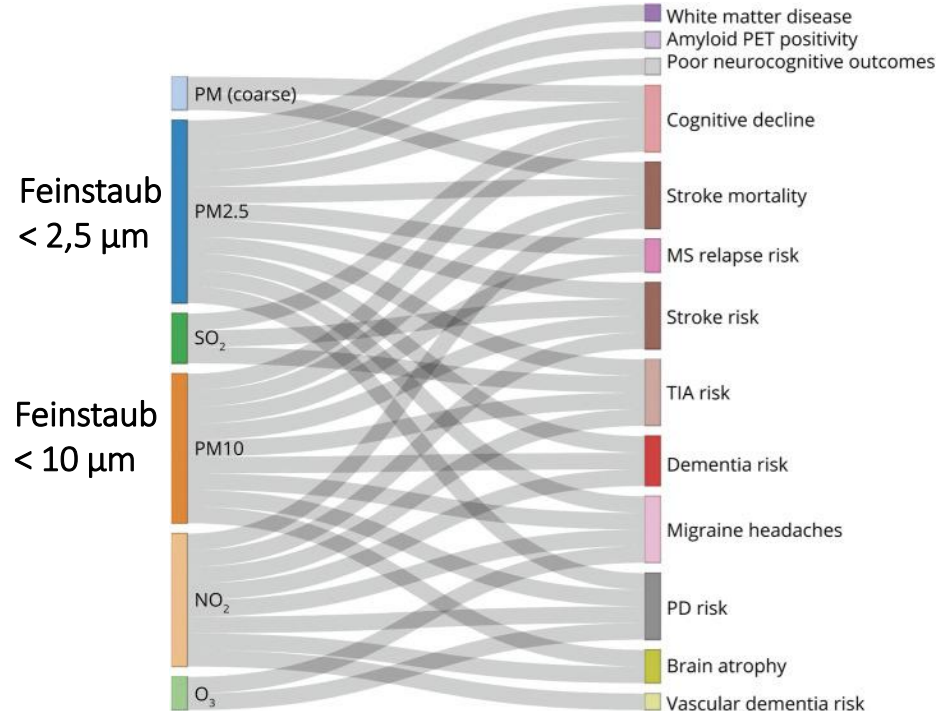
> *Neurology*. 2023 Mar 7;100(10):474-483. doi: 10.1212/WNL.000000000000201630. Epub 2022 Nov 16.

Impacts of Climate Change and Air Pollution on Neurologic Health, Disease, and Practice: A Scoping Review

Shreya Louis ¹, Alise K Carlson ¹, Abhilash Suresh ¹, Joshua Rim ¹, MaryAnn Mays ¹, Daniel Ontaneda ¹, Andrew Dhawan ²

3 Hauptgruppen von Studien

- 1) Extremwetterereignisse und Temperaturschwankungen (n=38)
- 2) Neuroinfektiöse Erkrankungen (n=37)
- 3) Verschmutzung (n=289)



Feinstaub - Schlaganfall



Chronische Exposition
-> Atherosklerose
-> ischämischer Schlaganfall

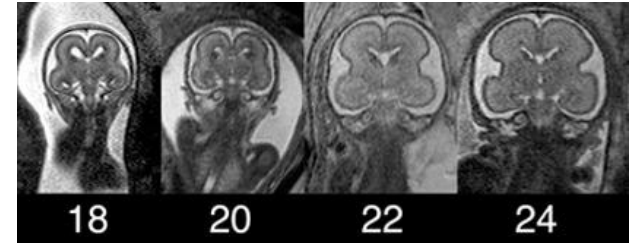
Akute hohe Exposition
-> akute
Entzündungsreaktion &
akuter Gefäßverschluss

Datenlage für
hämorrhagischen
Schlaganfall eher dünn

Auch bei Kindern und
Jugendlichen

Luftverschmutzung und fetale Gehirnentwicklung

- Studiendesign:
 - Rekrutierung in 8-14 SSW (n=1080)
 - Berechnung Exposition gegenüber NO₂; Feinstaub; Black Carbon: Zuhause Arbeit/-sweg
 - Transvaginale Neurosonographie im dritten Trimenon
- Ergebnisse: Assoziation höherer Exposition Luftschadstoffe
 - Erweiterte Vorderhörner, Seitenventrikel, Cisterna Magna
 - Vergrößerter vermis cerebelli
 - Abgeflachte Sylvische Fissur (Sulcus lateralis) (Black Carbon/“Ruß“)



Ein Atlas der frühen Gehirnentwicklung; *Von Eva Dittrich, Österreich*

[Lancet Planet Health](#). 2025 Jun;9(6):e480-e490. doi: 10.1016/S2542-5196(25)00093-2.

Air pollution and fetal brain morphological development: a prospective cohort study

Laura Gómez-Herrera ¹, Yu Zhao ², Ioar Rivas ³, Elisenda Eixarch ⁴, Carla Domínguez-Gallardo ⁵, Toni Galmes ², Marta Muniesa ⁶, Maria Julia Zanini ⁵, Alan Domínguez ², Marta Cirach ², Mark Nieuwenhuijsen ², Xavier Basagaña ², Xavier Querol ⁷, Maria Foraster ⁸, Mariona Bustamante ², Jesus Pujol ⁹, Mireia Gascon ¹⁰, Elisa Llurba ⁵, María Dolores Gómez-Roig ¹¹, Payam Dadvand ², Jordi Sunyer ¹²

Affiliations + expand

PMID: 40516539 PMID: PMC12167762 DOI: 10.1016/S2542-5196(25)00093-2

Luftverschmutzung und Autismus

- Pränatale und frühe kindliche Exposition gegenüber Luftverschmutzung
- Assoziation mit erhöhtem Risiko für Autismus-Spektrum-Störungen (ASD)
 - Fall-Kontrollstudie (2020)
 - O₃ (3. Trimester) → ↑ ASD-Risiko (OR ~1.2)
 - PM2.5 (1. Lebensjahr) → ↑ ASD-Risiko (OR ~1.3)
 - Review und Meta-Analyse (2021)
 - PM2.5 und NO₂ → ↑ ASD-Risiko
 - Kohortenstudie 1990-2018 >13,5 Mio. Kinder (2025)
 - PM2.5 (OR ~1.10) & NO₂ (OR ~1.25) → ↑ ASD-Risiko
 - Stärkste Effekte bei verkehrsbedingten Schadstoffen: Benzol (OR ~1.55) Nickel (OR ~1.32)
 - Effekte bleiben trotz sinkender Luftverschmutzung bestehen



- Dutheil Fet al. Autism spectrum disorder and air pollution: A systematic review and meta-analysis. Environ Pollut. 2021 Jun 1;
- Brumberg HL et al. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. Pediatrics. 2021 Jun;
- McGuinn LA et al. Early Life Exposure to Air Pollution and Autism Spectrum Disorder: Findings from a Multisite Case-Control Study. Epidemiology. 2020 Jan;
- O'Sharkey K et al. Prenatal exposure to criteria air pollution and traffic-related air toxics and risk of autism spectrum disorder: A population-based cohort study of California births (1990-2018). Environ Int. 2025 Jul

ALWAYS
UNIQUE
TOTALLY
INTELLIGENT
SOMETIMES
MYSTERIOUS

ffs-kreis-unna.de

Luftverschmutzung und Epilepsie

- Kurzfristige Luftverschmutzung Assoziationen mit Anfallsrisiko:
 - **NO₂ am selben Tag: leicht erhöhtes Risiko**
 - **CO nach 2 Tagen: erhöhtes Risiko**
- Assoziation vermehrte Krankenhausaufenthalten wegen Epilepsie Exazerbationen
- **PM2.5, PM10, SO₂, NO₂ → erhöhtes Risiko**
- Exposition gegenüber PM2.5 und NO₂ waren signifikant mit einem erhöhten Epilepsierisiko assoziiert. (Meta Analyse >370 000 Personen)
- Keine Evidenz für Lärm oder O₃
- **Möglicher Pathomechanismus: Neuroinflammation, oxidativer Stress**



Antaya TC, et al.: A systematic review and meta-analysis. *Epilepsia*. 2024 Jul;
Aljafen BN, et al. Effect of environmental pollutants particulate matter (PM_{2.5}, PM₁₀), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (NO) and ground level ozone (O₃) on epilepsy. *BMC Neurol*. 2025 Apr 1;
Cheng J et al. Short-term effect of air pollution on childhood epilepsy in eastern China: A space-time-stratified case-crossover and pooled analysis. *Environ Int*. 2022 Dec
Photograph by Peter Essick, Nat Geo Image Collection

Klimawandel & Epilepsie

Bimodaler Zusammenhang zwischen Temperatur und Anfällen



> BMC Neurol. 2022 Jan 21;22(1):33. doi: 10.1186/s12883-021-02535-8.

Weather patterns and occurrence of epileptic seizures

Sanja Tomasović^{1, 2, 3}, Josip Sremec⁴, Jelena Koščak Lukač⁴, Gordana Sičaja⁴, Koraljka Bačić Baronica^{4, 5}, Vedran Ostojić⁴, Zorap Raići⁴, Nada Tomić Sremec⁶, Dunja Plačko-Vršnak⁷, Lidija Srnc⁷, Krunoslav Mikec⁷

> Epilepsy Res. 2022 Nov;187:107026. doi: 10.1016/j.eplepsyres.2022.107026. Epub 2022 Sep 30.

The relationship between environmental air pollution, meteorological factors, and emergency service admissions for epileptic attacks in children

Gülşen Yalçın¹, Bahattin Sayınbatur², İzzettin Toktaş³, Aylin Gürbay⁴



> Epilepsy Behav. 2018 Sep;86:25-30. doi: 10.1016/j.yebeh.2018.07.010. Epub 2018 Jul 27.

Influence of weather on seizure frequency – Clinical experience in the emergency room of a tertiary hospital

Pedro C Brás¹, Ariana Barros², Soraia Vaz², João Sequeira², Diana Melancia², Andreia Fernandes², Ary de Sousa², Sara P Dias², Inês Menezes Cordeiro², Manuel Manita²

> Epilepsy Behav. 2021 Feb;115:107487. doi: 10.1016/j.yebeh.2020.107487. Epub 2020 Dec 13.

The effect of weather, air pollution and seasonality on the number of patient visits for epileptic seizures: A population-based time-series study

Kuo-Liang Chiang¹, Jen-Yu Lee², Yu-Mei Chang³, Fang-Chuan Kuo⁴, Chin-Yin Huang⁵

> Environ Res. 2024 Oct 1;258:119495. doi: 10.1016/j.envres.2024.119495. Epub 2024 Jun 25.

Effects of ambient temperature on pediatric incident seizure: A case-crossover analysis using distributed lag non-linear models

Shiyu Zhang¹, Tianqi Wang², Zhenchun Yang¹, Peng-Chou Tsai³, Christine Ladd Acosta³, Junfeng Jim Zhang⁴, Yi Wang⁵

Klimawandel & Schlaganfall

Temperaturschwankungen -> erhöhtes Risiko
für ischämischen (hämorrhagischen) Schlaganfall

- Extrem kalte Tage 9.1(11.2) zusätzliche Todesfälle/1000 Schlaganfälle
- Extrem warme Tage 2.2 (0.7) zusätzliche Todesfälle/1000 Schlaganfälle



Extreme Temperatures and Stroke Mortality evidence from a Multi-Country Analysis; Stoke 2024

Bild: Schön Klinik Gruppe: <https://www.schoen-klinik.de/schlaganfall-bei-kindern-halbseitenlaehmung>

Klimawandel & Entwicklung der weißen Substanz

2.681 Kinder NL Generation-R-Geburtskohorte
MRT (9–12 J.)Assoziation mit

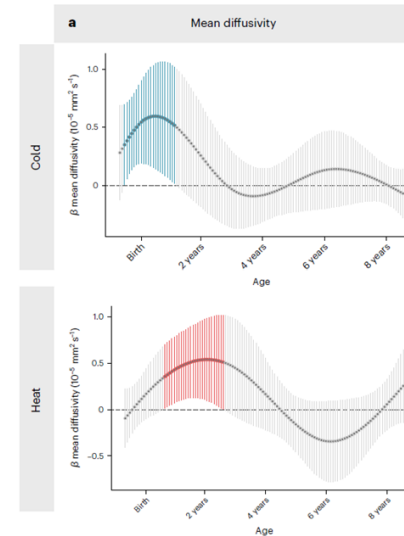
- Kälte während SS & 1. Lebensjahr
- Hitze Geburt - 3. LJ
 - Höhere mittlere Diffusivität
 - langsamere Reifung bzw. geringere Myelinisierung der weißen Substanz
 - Kinder aus ärmeren Wohngebieten höhere Vulnerabilität (Wohnbedingungen?)

Article | Published: 12 June 2024

Early life cold and heat exposure impacts white matter development in children

Laura Granés, Esmée Essers, Joan Ballester, Sami Petricola, Henning Tiemeier, Carmen Iñiguez, Carles Soriano-Mas & Mònica Guxens [✉](#)

Nature Climate Change 14, 760–766 (2024) | [Cite this article](#)



Klimawandel & Entwicklungsverzögerung und Zerebralparese

Entwicklungsverzögerung

- Analyse Zusammenhang Hitzewellen während SS und neurodevelopmental delay 67.453 Mutter-Kind-Paare
- Dauer /absolute Temperatur der Hitzewelle
- Hitzewelle frühe/späte SS
 - erhöhtes Risiko für neurodevelopmental delay

Zerebralparese

- Zusammenhang Hitze und Zerebralparese
- 5938 CP Patienten vs 1092313 Kontrollen.
- 2% [1-5%] erhöhte Odds ratio für CP pro + 5°C Umgebungstemperatur in 0-3 SSW

Lin et al. 2025: Heat wave exposure during pregnancy and neurodevelopmental delay in young children: A birth cohort study. Environ Res. 2025 Feb 1;266:120541. doi: 10.1016/j.envres.2024.120541. Epub 2024 Dec 4. PMID: 39643258.

Zhuo et al 2026: High ambient temperature during pregnancy and offspring cerebral palsy: A population- based study in California; Environ Res. 2026 Mar 15;293:123757. doi: 10.1016/j.envres.2026.123757. Epub 2026 Jan 12. PMID: 41534582; PMCID: PMC12883187.

Klimawandel & Kopfschmerz /Migräne

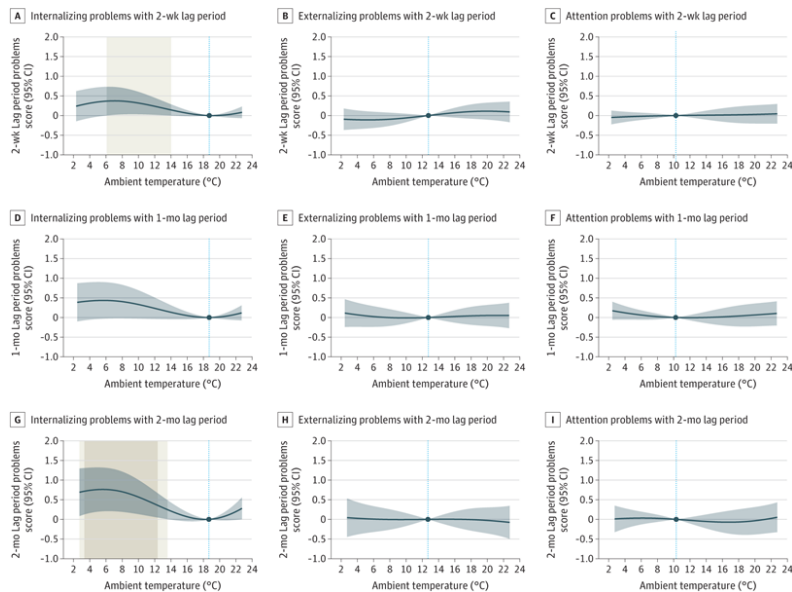
- 42 - 70% der Patienten Temperatur als Trigger für Migräne
- Je 5°C mehr +7,5% Vorstellungen in Notaufnahme wegen Migräne
- Hohe Temperaturen Hauptursache für Vorstellungen wegen nächtlicher Kopfschmerzen in Japan bei Kindern
- Rate an Kopfschmerzen korreliert mit Grad der Exposition gegenüber Luftverschmutzung in Taiwan



- Yilmaz M et. Al. Meteorologic parameters and migraine headache: ED study. Am J Emerg Med. 2015 Mar;
- Solotareff L,et al. Trigger Factors in Childhood Migraine: A Prospective Clinic-Based Study From North of France. J Child Neurol. 2017 Jul;
- Solotareff L. et al. Trigger Factors in Childhood Migraine: A Prospective Clinic-Based Study From North of France. J Child Neurol. 2017 Jul;
- Yamaguchi H et al. Multivariate analysis of the impact of weather and air pollution on emergency department visits for night-time headaches among children: retrospective, clinical observational study. BMJ Open. 2021 Apr 12;
- Hong SY, et. Al. Long-Term Ambient Air Pollutant Exposure and Risk of Recurrent Headache in Children: A 12-Year Cohort Study. Int J Environ Res Public Health. 2020 Dec 7
- imago images/VaLiza

Klimawandel & Psychische Erkrankungen

Kälteexposition
Internalisierende
Probleme wie
Depression /Angst

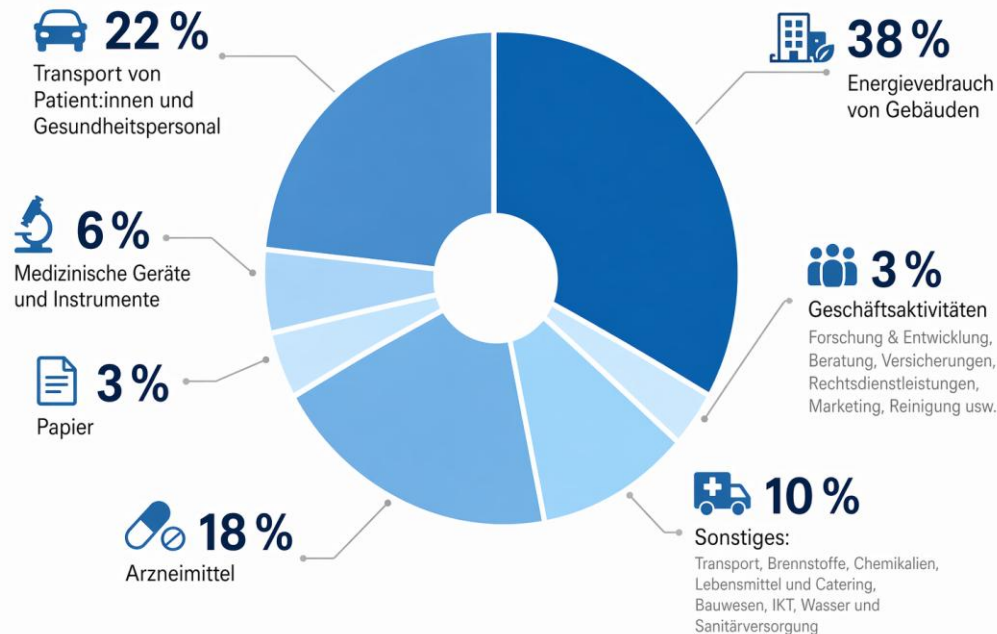


Wärmeexposition
vermehrte
Aufmerksamkeits
probleme

Essers E, et al. Temperature Exposure and Psychiatric Symptoms in Adolescents From 2 European Birth Cohorts. JAMA Netw Open. 2025 Jan 2;

Anteil des Gesundheitswesens am Klimawandel

- Gesundheitssektor: 5% der weltweiten CO₂-Emissionen
- Paradoxon: Heilen und Helfen vs. Krankheitsverursachung



Take Home Messages

Kinder sind überproportional vom Klimawandel betroffen und leiden mehr unter den Folgen als Erwachsene

Das sich rasant entwickelnde Gehirn von Kindern ist besonders vulnerabel

Luftverschmutzung und Klimawandel haben direkte negative Auswirkung auf die Hirngesundheit

Als Kinderärzte und Kinderneurologen haben wir daher eine besondere Verantwortung!

Das Gute zum Schluss - Veränderung ist möglich!

Beispiel Europa

- -37 % Treibhausgasemissionen seit 1990 bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum (~+70 %)
- Starker Ausbau erneuerbarer Energien
→ z. B. ~50 % Strom aus Erneuerbaren in 2024
- 2025 Solar- & Windenergie überholen fossile Energien
- Klimaneutralität in Europa geplant für 2050
- Technologischer Fortschritt → Ausbau von CO₂-Entnahmetechnologien





Vielen Dank!

Moritz.thiel@uk-koeln.de



CEFAM
Centrum für
Familiengesundheit



**UNIKLINIK
KÖLN**