



AAK-Veranstaltung

Montag, 04.05.2026, 11 Uhr bis 11:45 Uhr

35745 Herborn, Schulhofstraße 3-5, Aula der Hohen Schule

Umweltbelastung durch Klimawandel, Feinstaub und Mikroplastik

Hans Schweisfurth

Pulmologisches Forschungsinstitut (IPR)

www.pulmologisches-forschungsinstitut.de



Mystik und Naturwissenschaft

Hildegard von Bingen (1098 -1179)

Alles gehört zusammen

Jede Kreatur ist auf geheimnisvolle
Weise mit allen anderen verbunden

Rupertsberger Riesencodex

Von Ilona Buchecker - Landesbibliothek

Wiesbaden, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15356745>



Alexander von Humboldt (1769-1859)

Alles gehört zusammen

Klimawandel, Globalisierung,
Menschenrechte

Alexander von Humboldt

(Gemälde von J. K. Stieler 1843)



Klimawandel

Pasterze (Großglockner) 1905



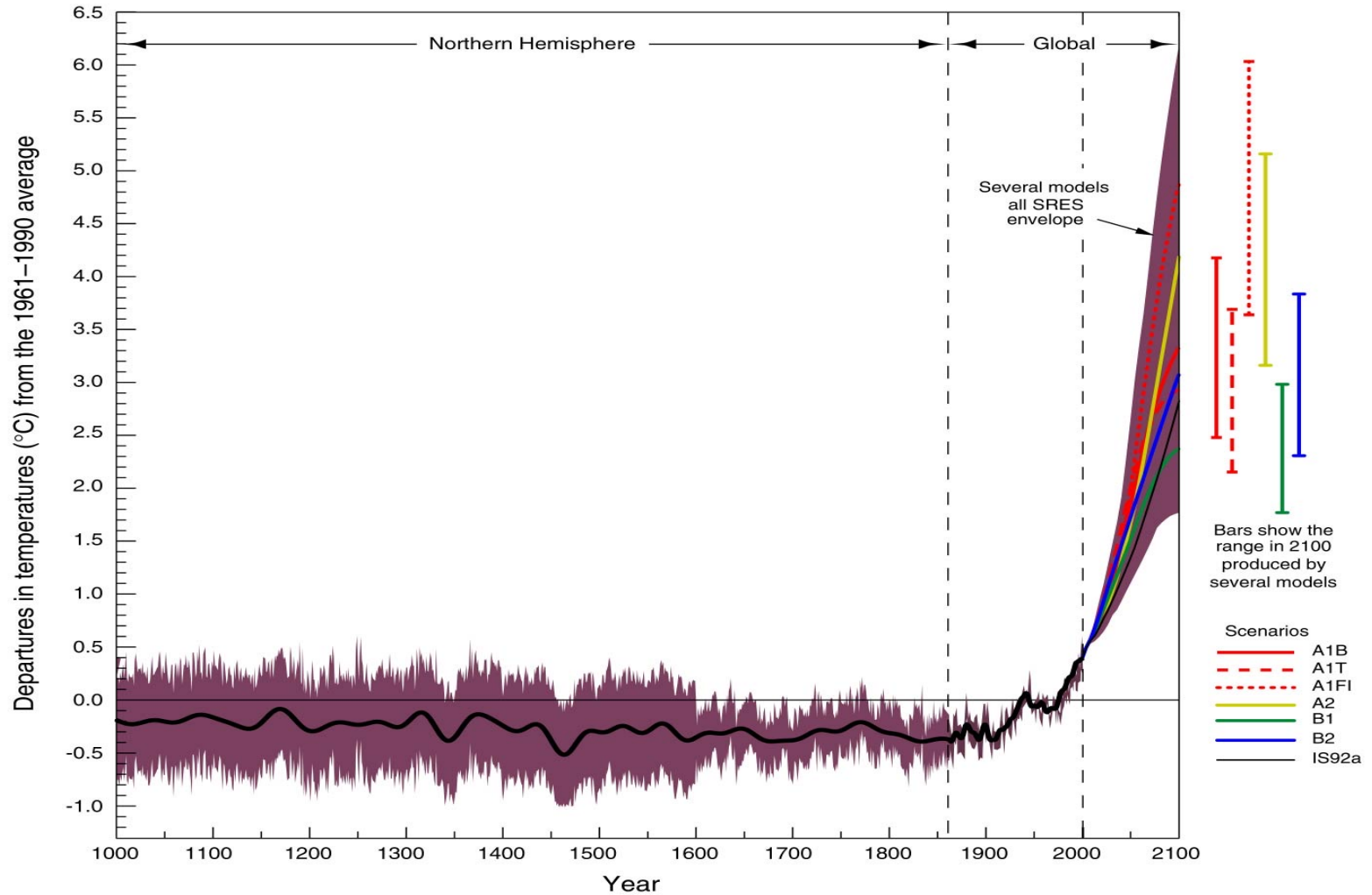
Pasterze (Großglockner) 1993



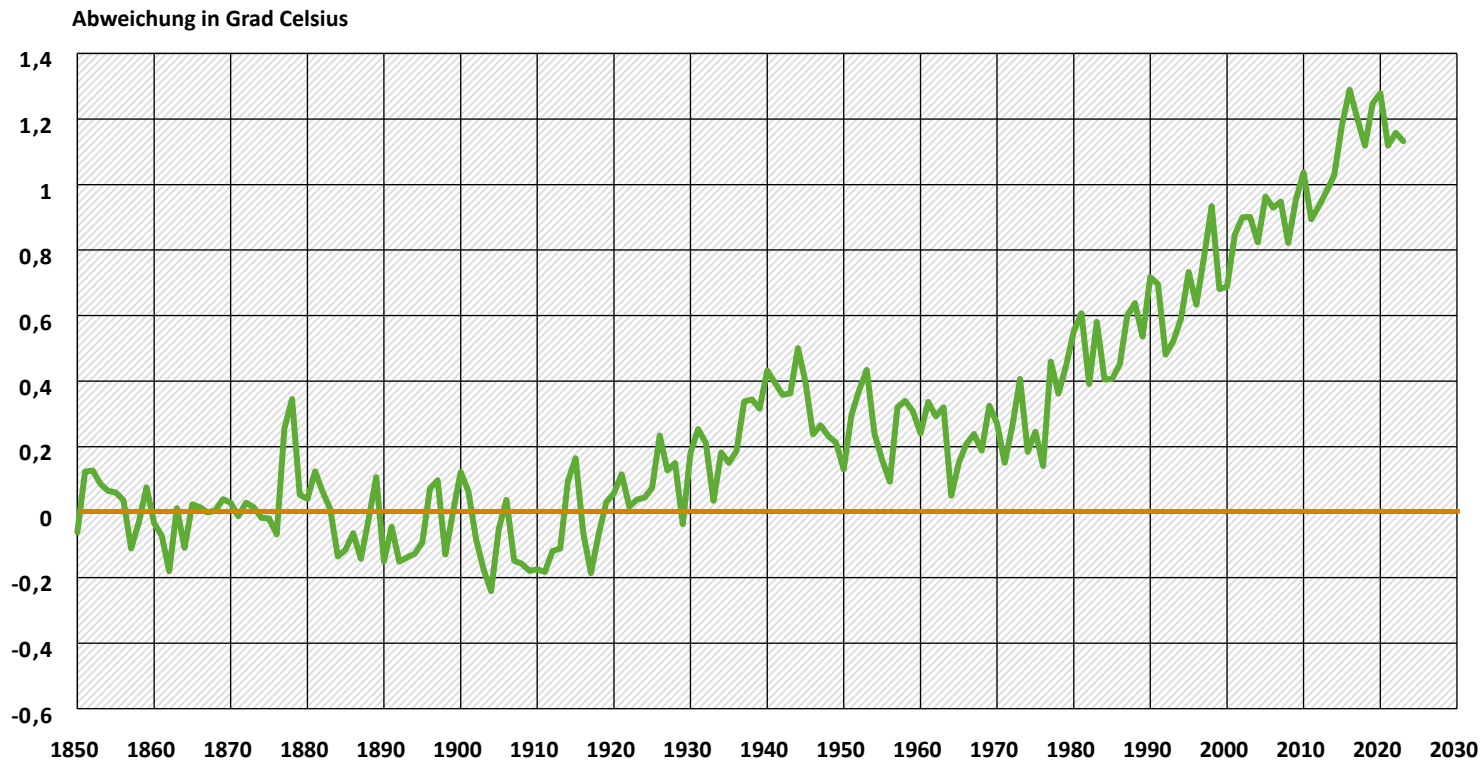
Temperaturanstieg bis 2100

Variations of the Earth's surface temperature: 1000 to 2100.

1000 to 1861, N.Hemisphere, proxy data; 1861 to 2000 Global, instrumental;
2000 to 2100, SRES projections



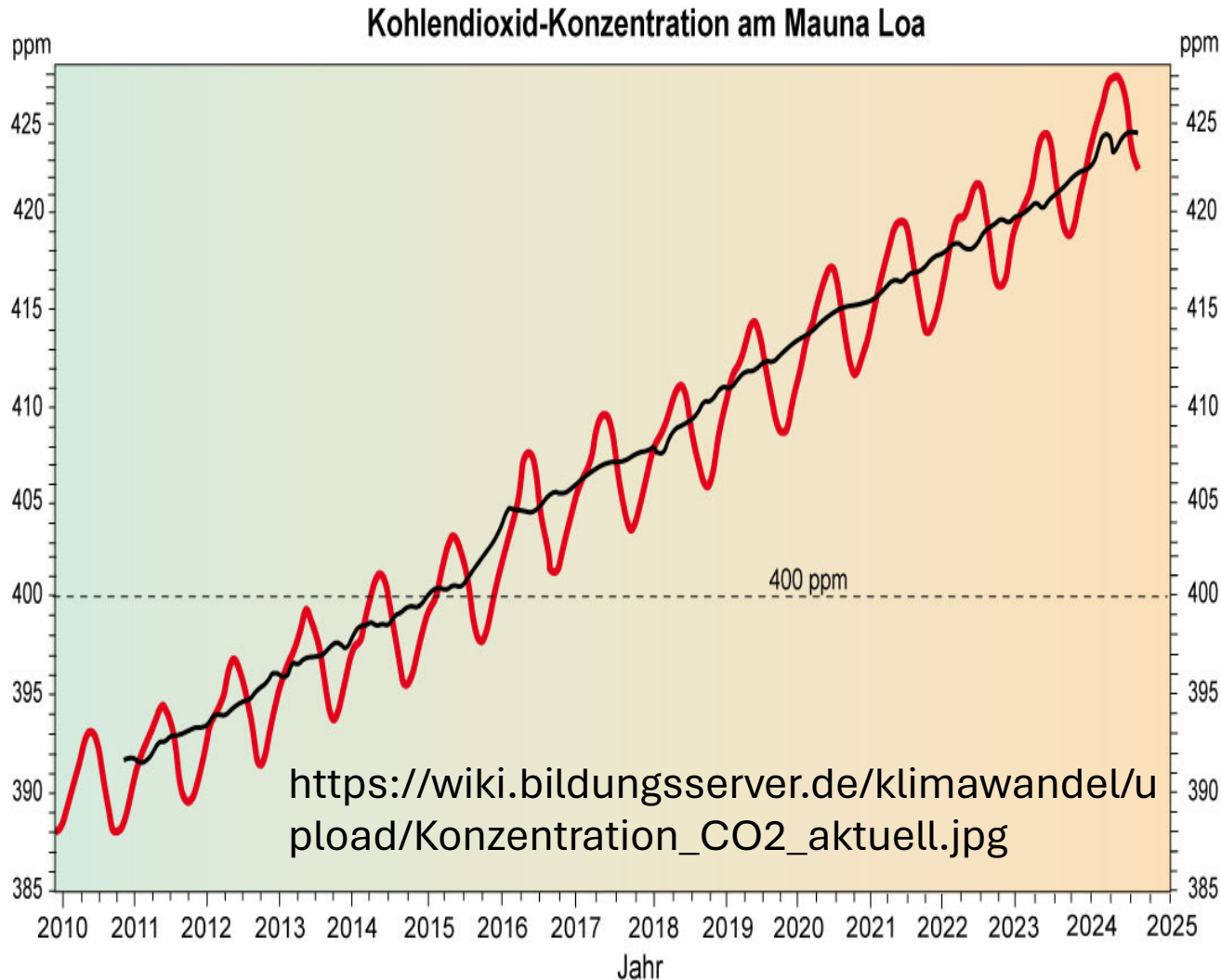
Abweichung der globalen Lufttemperatur vom Durchschnitt der Jahre 1850 bis 1900*



* Die Nulllinie entspricht dem globalen Temperaturdurchschnitt der Jahre 1850 bis 1900.

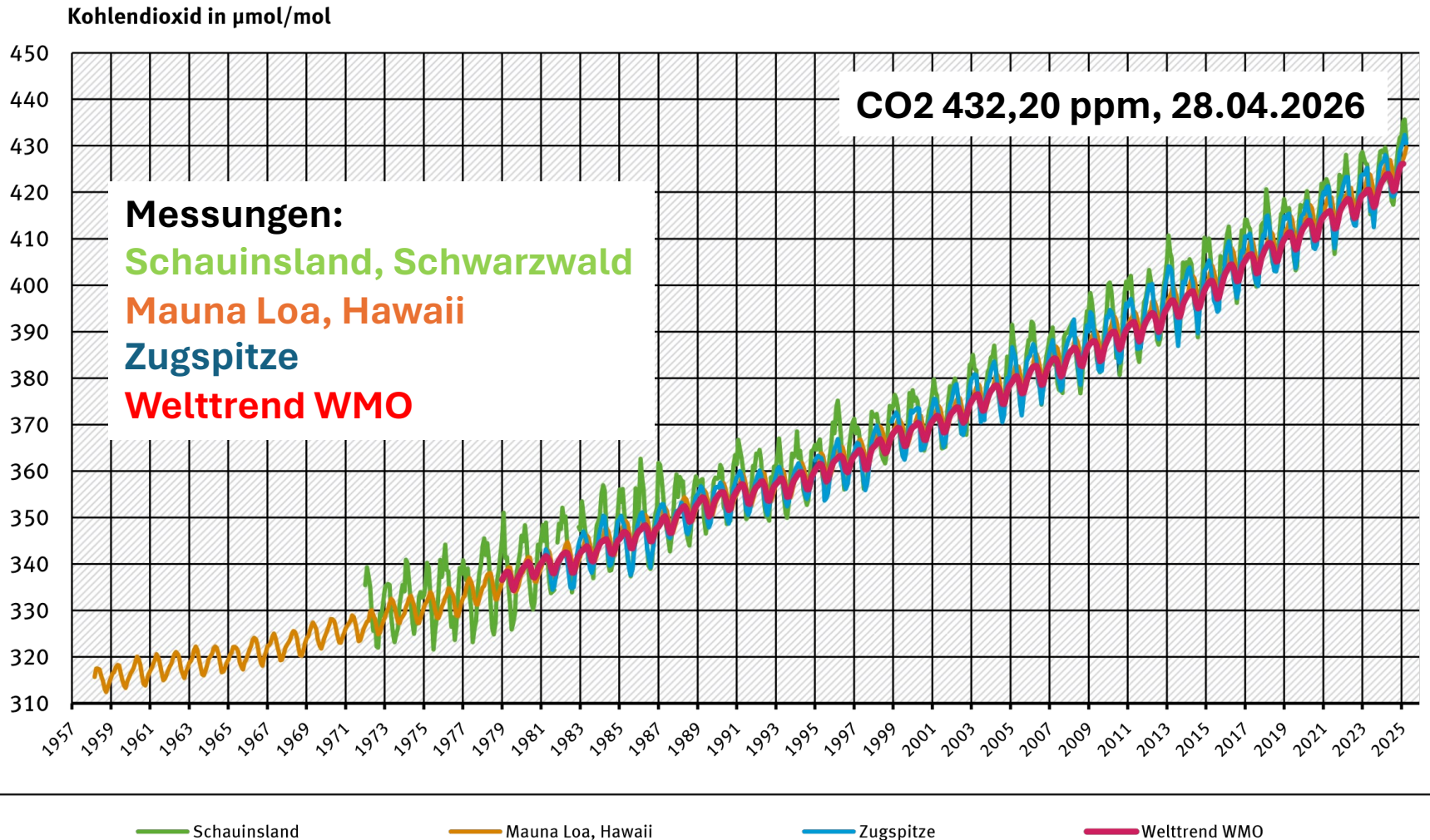
Quelle: Met Office Hadley Centre, Climate Research Unit; Modell HadCRUT.5.0.1.0; Median der 200 berechneten Zeitreihen (Aufruf 03/2023)

Keeling-Kurve mit Messung in 3397 m Höhe von atmosphärischem CO₂ seit 1958 auf dem Vulkan Mauna Loa, Hawaii, USA



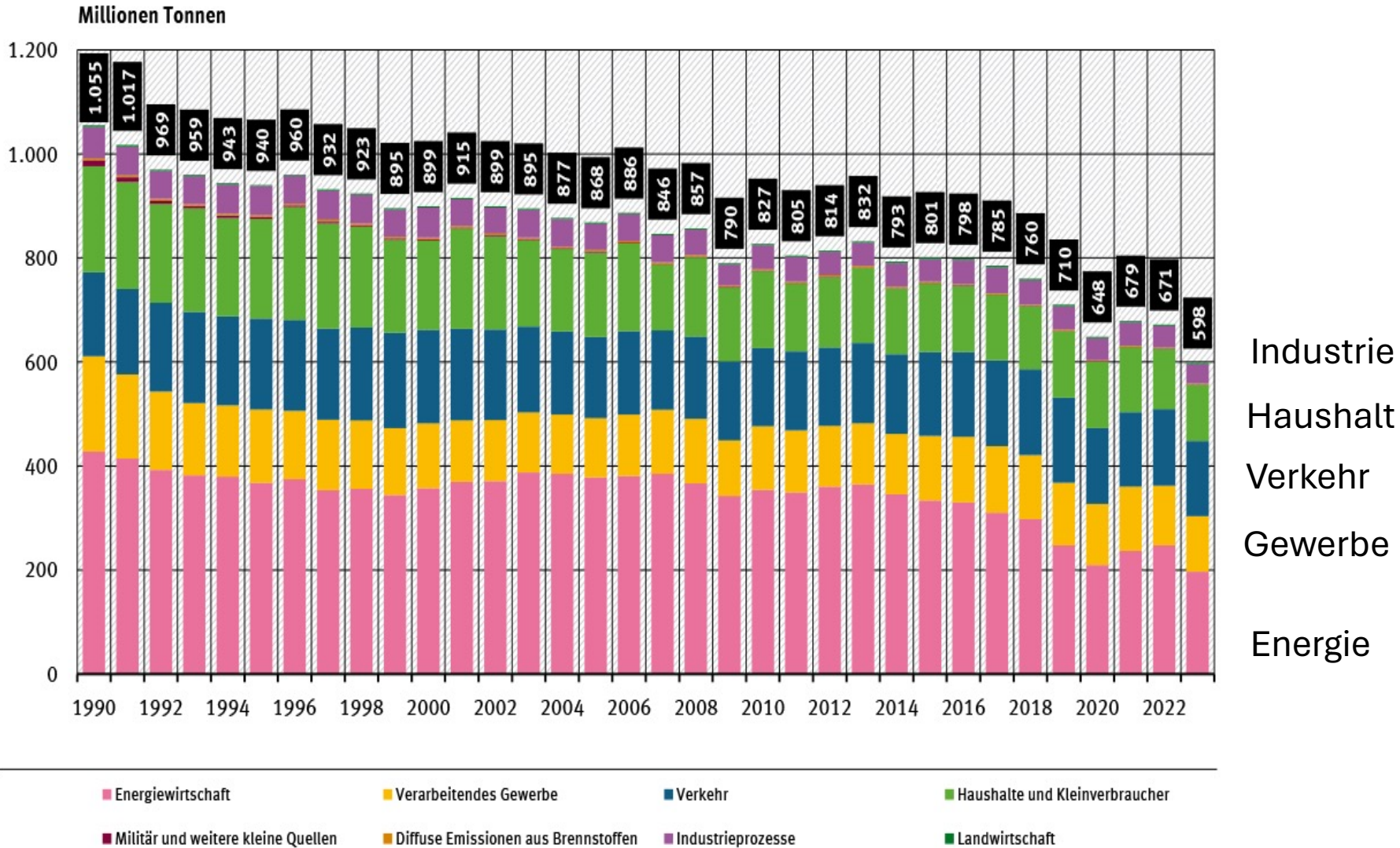
C. D. Keeling 1928-2005
Scripps Institute of
Oceanography, La Jolla
California, USA

Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittelwerte)



Quelle: Umweltbundesamt (Schauinsland, Zugspitze), NOAA Global Monitoring Division and Scripps Institution of Oceanography (Mauna Loa, Hawaii, Welttrend)

Emissionen von Kohlendioxid nach Kategorien in Deutschland 1990-2023 (UBA, 15.03.2024)

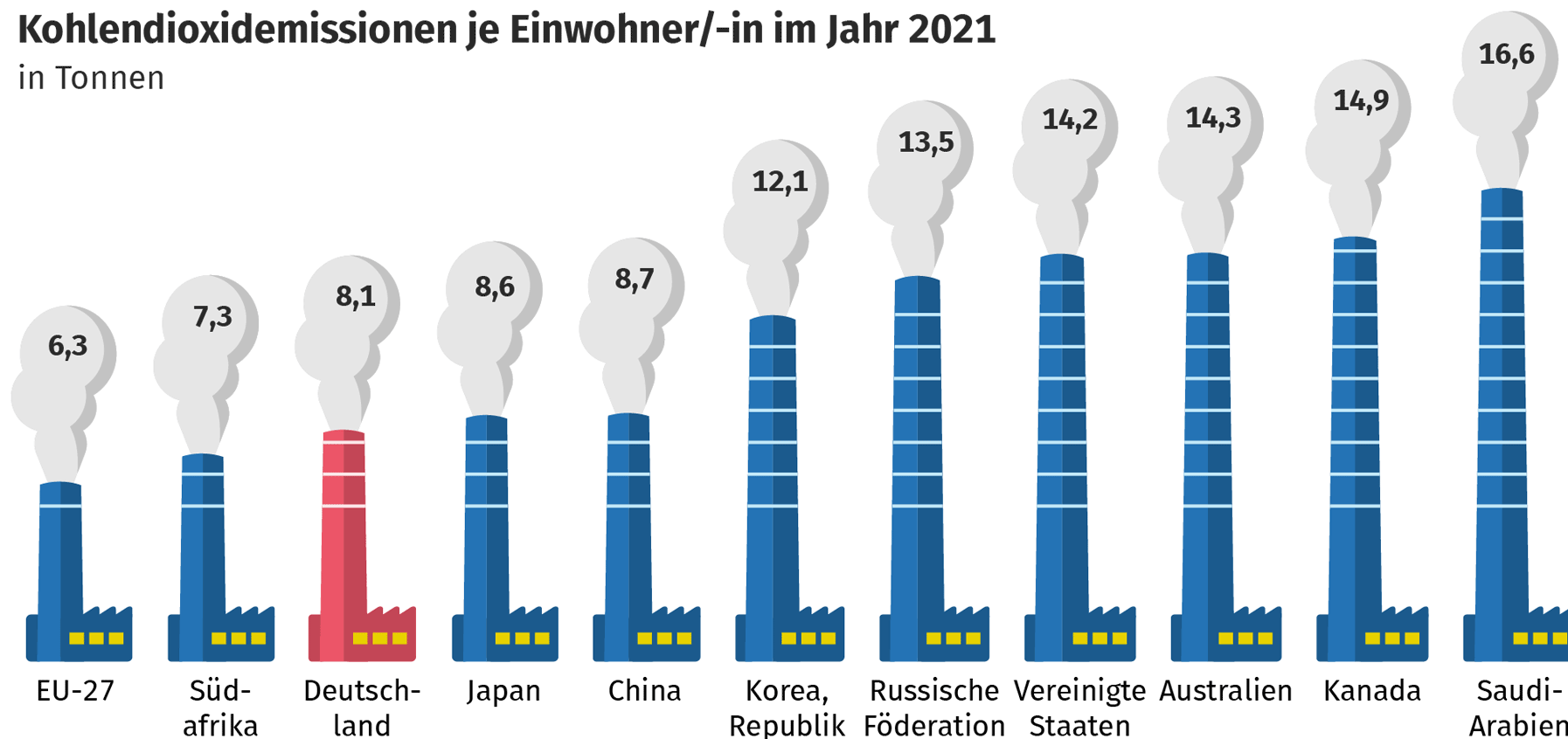


Kohlendioxid-Emissionen: ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2022 (Stand 03/2024), für 2023 vorläufige Daten (Stand 15.03.2024)

Kohlendioxidemissionen je Einwohner/-in im Jahr 2021

in Tonnen



Quelle: EDGAR/JRC

©  Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022

Klimawandel

1. Direkte gesundheitliche Auswirkungen durch:

Vermehrte Hitzewellen

- Trockenheit, Dürre, Waldbrände

Extreme Wetterereignisse

- Häufige Stürme, Überschwemmungen
- Sandstürme

Erhöhte UV-Strahlung

2. Indirekte gesundheitliche Auswirkungen durch:

Veränderung der Allergenexposition

- Verlängerte Pollenflugsaison
- Verändertes Allergenspektrum

Zunahme der Luftschadstoffe

- Ozon, Stickstoffoxide
- Feinstaub (PM_{2,5-10}, PM₁₀)

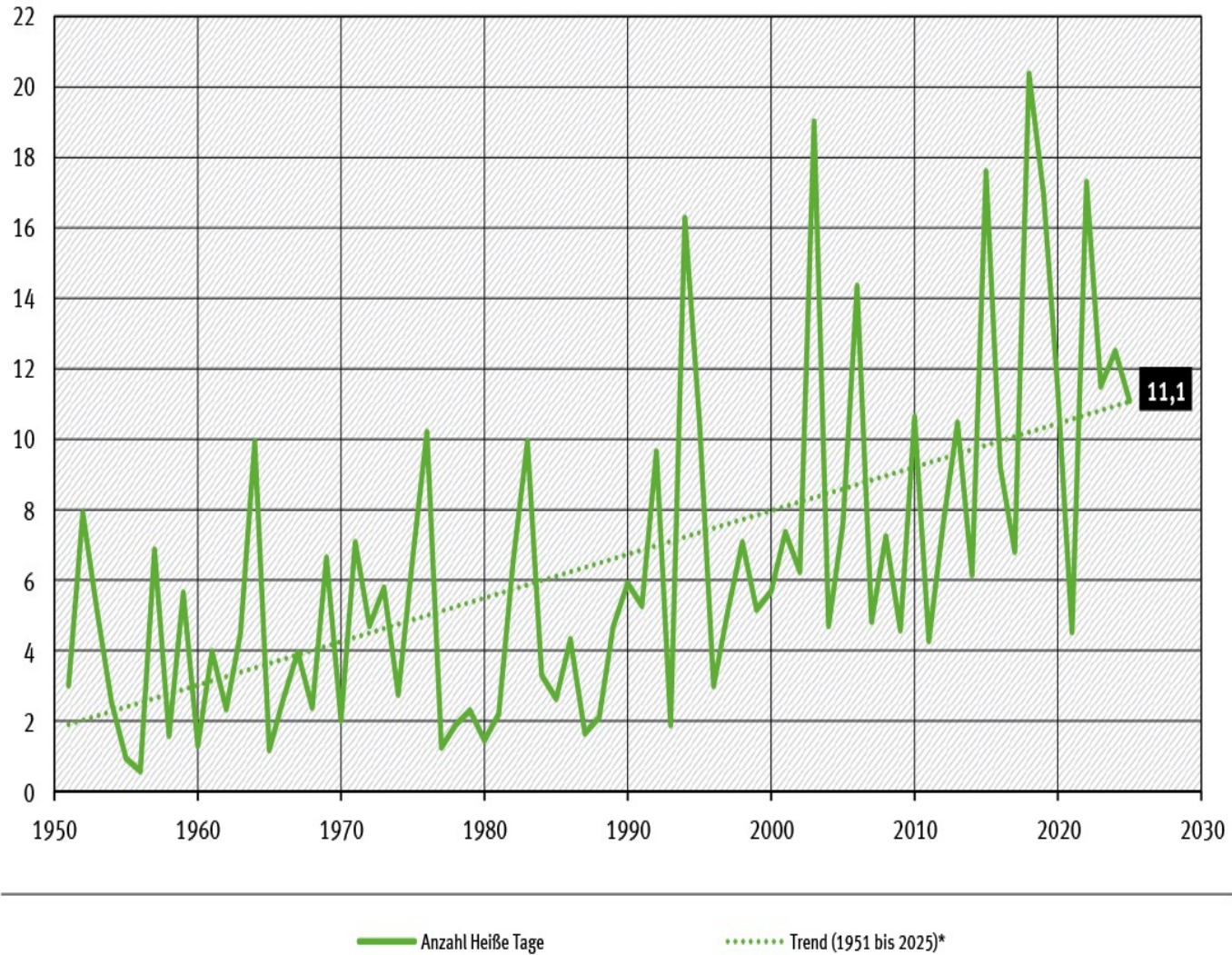
Erhöhte Infektionsrisiken durch Ausbreitung von Vektoren und Reservoirorganismen

Probleme der Trinkwasser- und Lebensmittelhygiene

Anstieg des Meeresspiegels

Migrationen

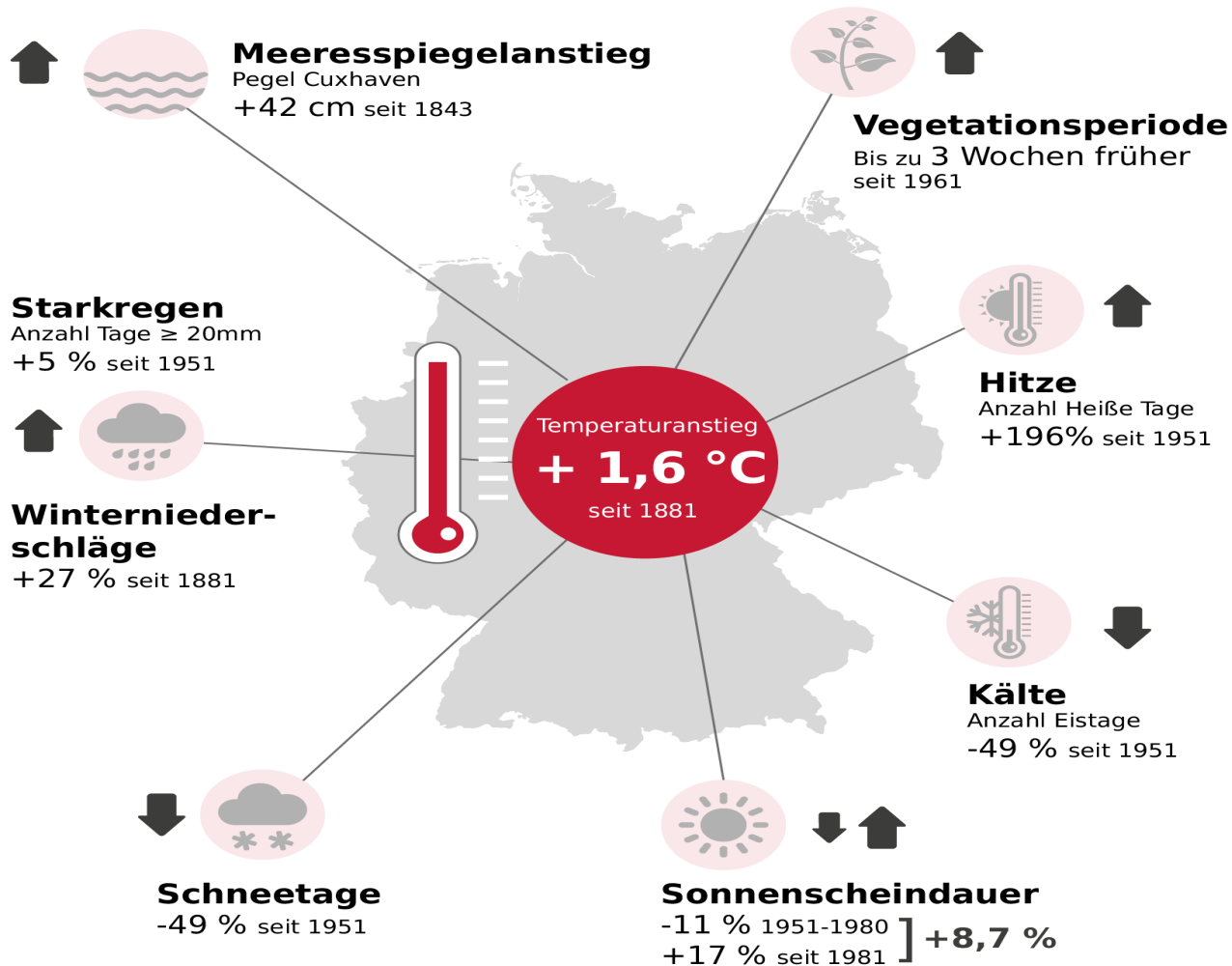
Anzahl der Tage mit einem Lufttemperatur-Maximum über 30 Grad Celsius (Gebietsmittel)



* lineare Regressionsgerade über alle dargestellten Indikator-Werte, Werte für 2025 vorläufig

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), Mitteilung vom 14.11.2025

Deutschland im Klimawandel



Hitzebedingte Sterbefälle in Deutschland 1992 bis 2024

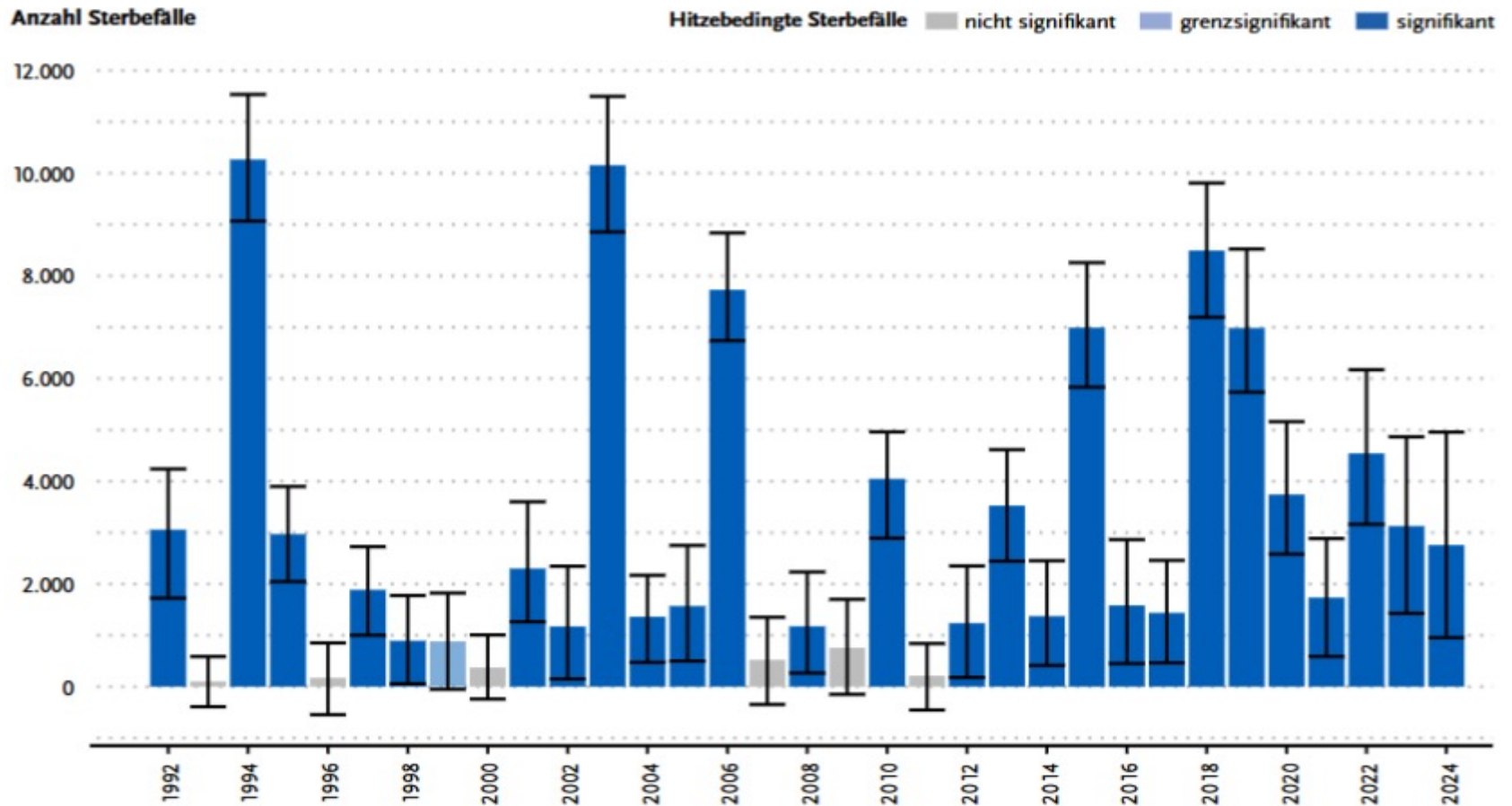
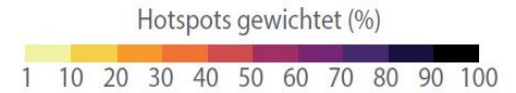


Abb. 4 | Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle im Zeitraum 1992 bis 2024 in Deutschland. Es kam in den meisten Jahren zu einer signifikanten Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Untergrenze des 95%-Prädiktionsintervalls ist größer Null). Besonders stark betroffen waren die Sommer 1994, 2003, 2006, 2015, 2018 und 2019.

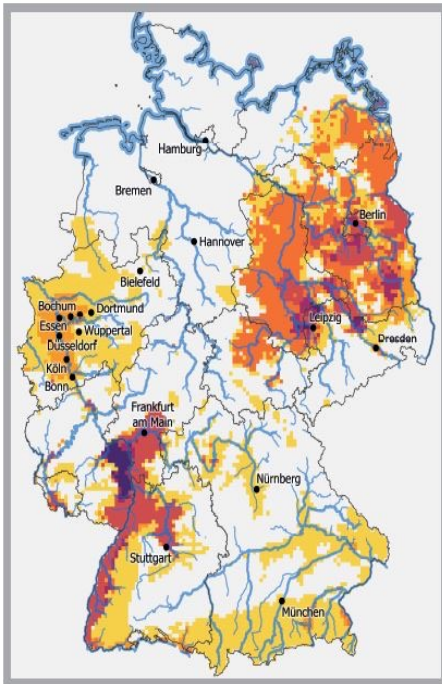
Klimatische Hotspots



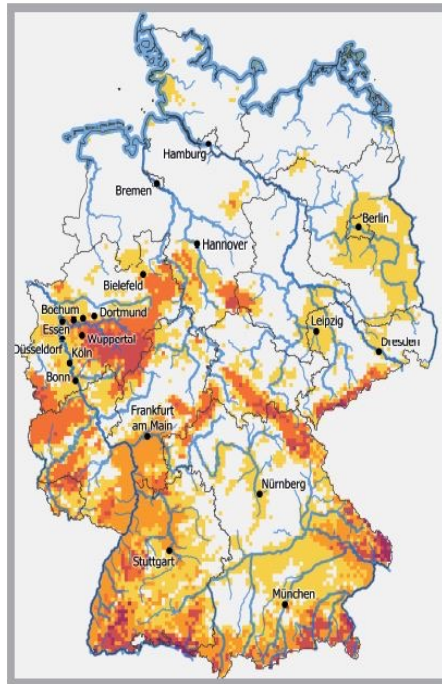
- Städte über 300.000 Einwohner
- Regionen mit hydrologischen und küstenspezifischen Risiken

Mitte des Jahrhunderts

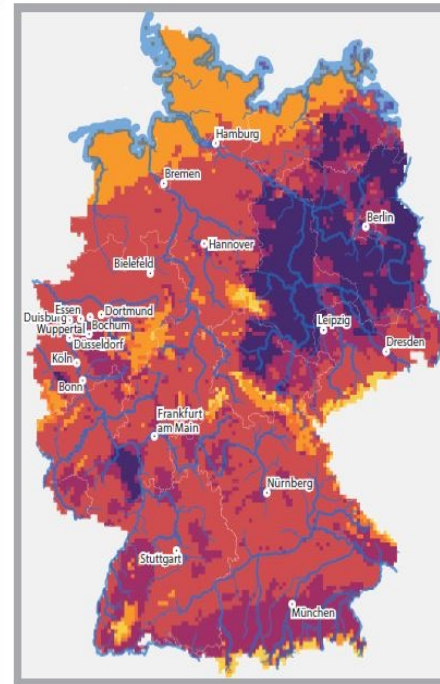
2031 - 2060 Absolut



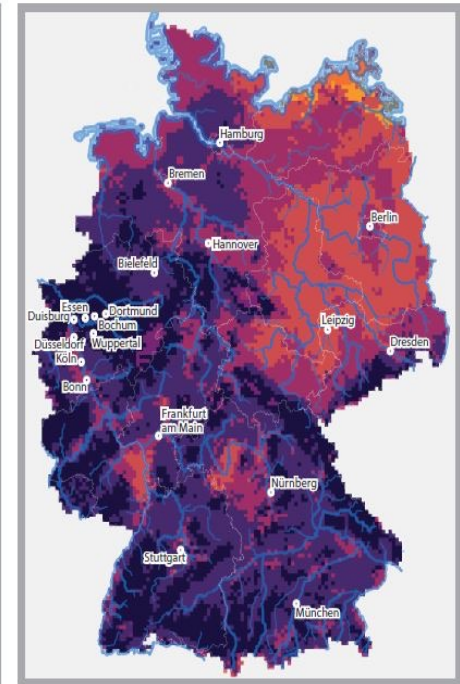
2031 - 2060 Änderung



2071 - 2100 Absolut



2071 - 2100 Änderung



<https://www.uba.de/n88230de>

Klimaabhängige Infektionskrankheiten

Krankheit	Vektor	Vorkommen	Klimaabhängigkeit
I. Vektorgebundene Krankheiten durch blutsaugende Arthropoden			
Malaria	Stechmücke	Tropen, Subtropen	Sehr hoch
Denguefieber	Stechmücke	Tropen, Subtropen	Hoch
Japan-B-Enzephalitis	Stechmücke	Südostasien	Signifikant
St-Louis-Enzephalitis	Stechmücke	Nord- und Südamerika	Signifikant
Ross-River-Virus	Stechmücke	Australien und pazifische Inseln	Signifikant
Leishmaniose	Sandmücke	Afrika, Zentralasien, Mittelmeer, Südamerika	Moderat
Gelbfieber	Stechmücke	Südamerika, Afrika	Moderat
West-Nil-Fieber	Stechmücke	Afrika, Asien, USA, Israel, Südosteuropa	Moderat
Lyme Erkrankung	Schildzecke	Europa, Nordamerika, Asien	Sehr schwach
II. Direkt übertragene Zoonosen			
Hantaviren	Nagetier	Nord- und Südamerika	
Q-Fieber	Schafe, Zecke	Weltweit	
Pest	Nagetier, Floh	Tropische Zonen	
III. Lebensmittelübertragene und an Wasser gebundene Infektionen			
Cholera	Afrika, Asien, Südamerika, Russland		Sehr hoch
Schistosomiasis	Afrika, Asien		Sehr schwach
Gardiasis	Weltweit		
Kryptosporidiose	Weltweit		

European State of the Climate 2025: record heatwaves from the Mediterranean to the Arctic, while glaciers shrink and snow cover declines (WMO 29, April 2026)

- 1. Mindestens 95 % Europas hatten im Jahr 2025 überdurchschnittliche Jahrestemperaturen.**
- 2. Eine rekordverdächtige dreiwöchige Hitzewelle betraf das subarktische Fennoskandien, mit Temperaturen nahe und innerhalb des Polarkreises von über 30 °C.**
- 3. Gletscher in allen europäischen Regionen verzeichneten einen Verlust, wobei Island den zweitgrößten Gletscherverlust in der Geschichte verzeichnete; die Schneebedeckung lag 31 % unter dem Durchschnitt; der grönländische Eisschild verlor 139 Gigatonnen (139 Milliarden Tonnen) Eis.**
- 4. Die jährliche Meeresoberflächentemperatur der europäischen Region war die höchste je aufgezeichnet, und 86 % der Region erlebten mindestens starke marine Hitzewellen.**
- 5. Waldbrände verbrannten etwa 1.034.550 Hektar, die größte jemals dokumentierte Fläche.**

The World Meteorological Organization (WMO) is the United Nations System's authoritative voice on Weather, Climate and Water.

Hitze und Luftverschmutzung

- Hohe Ozonkonzentrationen
- Hohe Feinstaubkonzentrationen
- Hohe Stickstoffoxidkonzentrationen
- Hohe Pollenkonzentrationen

Akute Auswirkungen bei Kindern und chronisch Kranken:

Asthma, Allergien, Bronchitis, COPD, Pneumonien, Herz-Kreislauf
(Herzinfarkt, Schlaganfall)

Klimawandel und Pollen

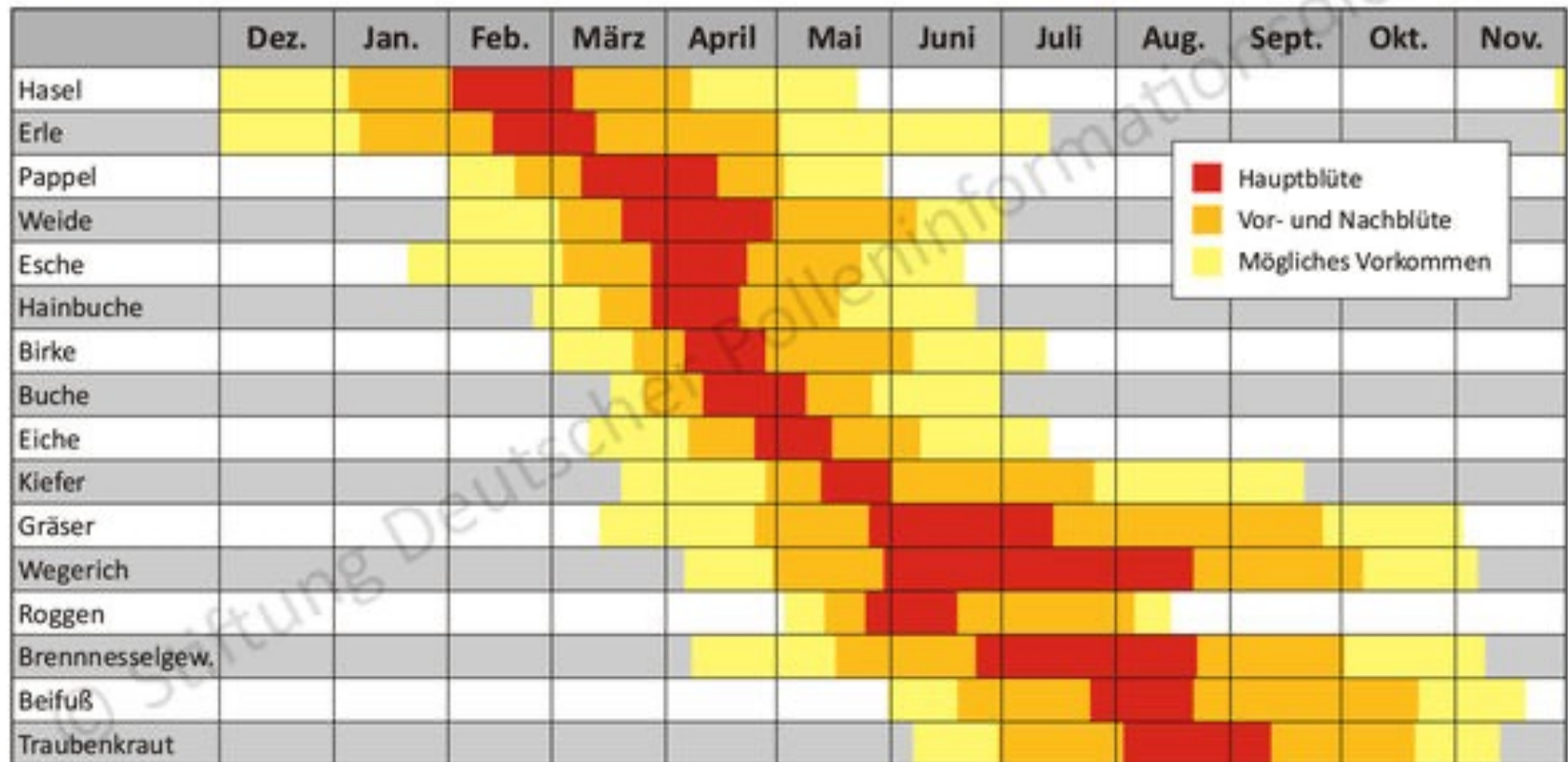
- Frühzeitiger Pollenflug
- Mehr Pollen durch CO₂-Anstieg
- Erhöhte Wirksamkeit der Pollen durch Schadstoffbelastung
- Ansiedlung von Neophyten (Ambrosia)
- Vermehrte allergische Erkrankungen (Asthma, Rhinitis, Konjunktivitis)

Gesamtdeutscher Pollenflugkalender

(nach Pollenflugdaten von 2016 bis 2021)



© Stiftung Deutscher
Polleninformationsdienst
www.pollenstiftung.de



Ambrosia artemisiifolia = beifußblättriges Traubenkraut

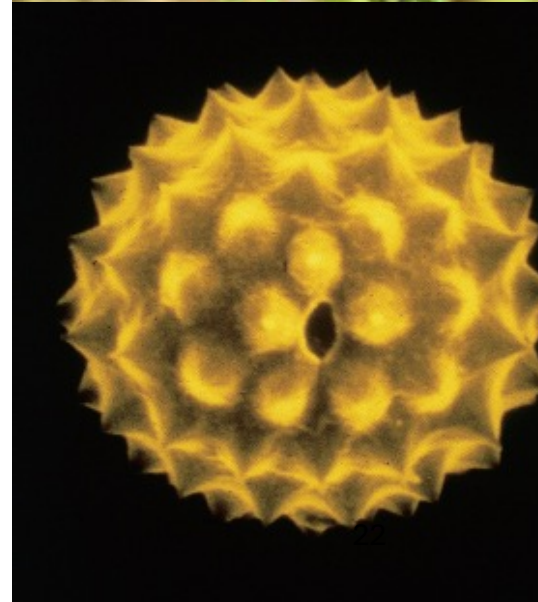
Allergologie 2023, 46: 619

Ambrosia artemisiifolia

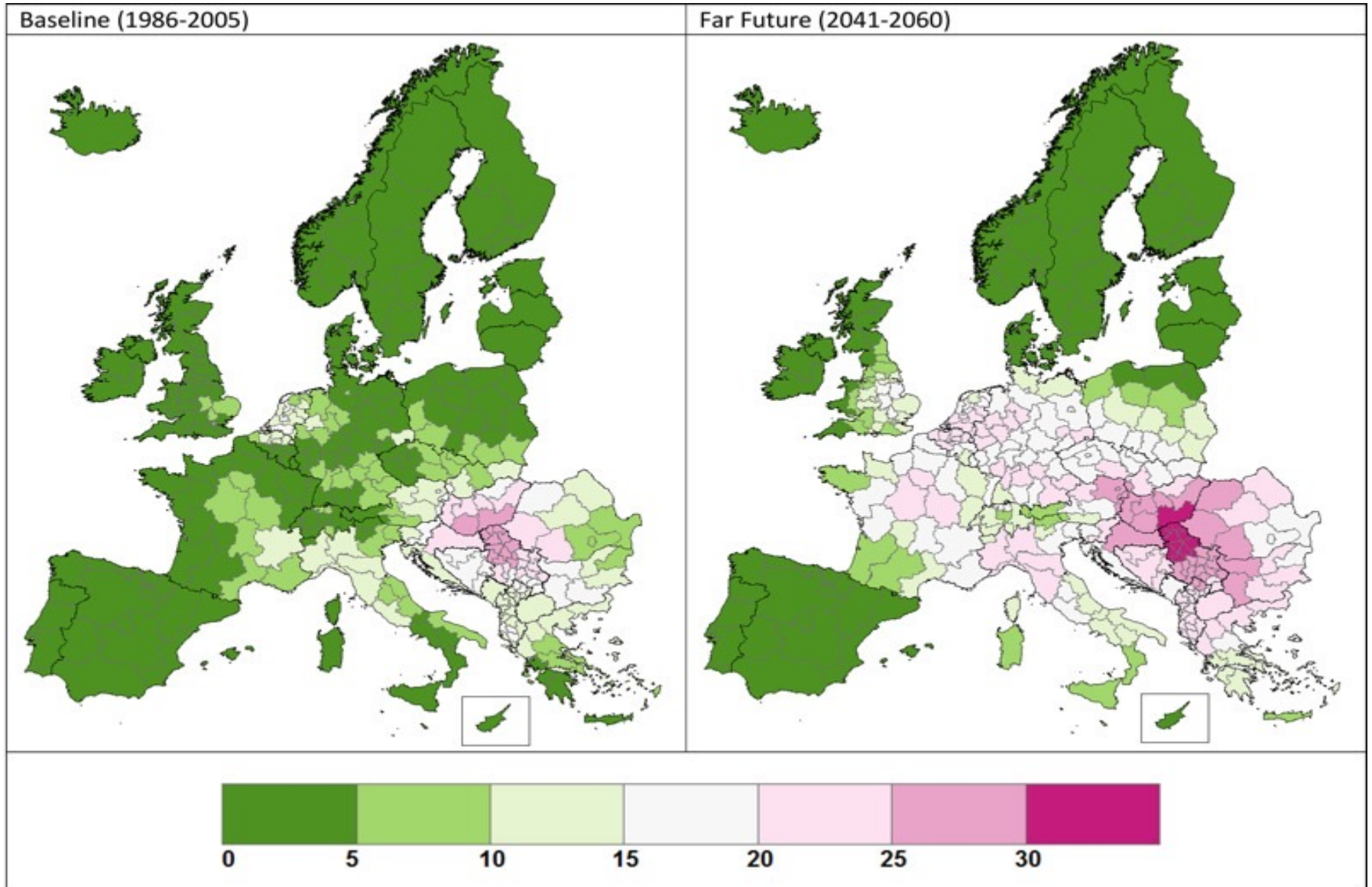
(Beifußblättriges Traubenkraut)

- Die Pollen von Ambrosia gehören zu den stärksten Allergie-Auslösern
- Bereits ab 6 Pollen/m³ Luft reagieren empfindliche Personen allergisch, ab 11 Pollen/m³ wird von einer starken Belastung gesprochen
- Die Allergie kann allergische Reaktionen der Augen und der Atemwege auslösen und zu Asthma führen
- Der späte Blütezeitpunkt der Ambrosia von Juli bis Oktober bedeutet eine zusätzliche Belastung der Pollenallergiker durch eine Verlängerung der Pollensaison
- In Experimenten wurde nachgewiesen, dass die Ambrosie mit Zunahme der CO₂-Konzentration mehr Pollen freisetzt

Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Ambrosia-Polle. Foto: Alk-Scherax



Ambrosia-sensibilisierte Bevölkerung in Prozent

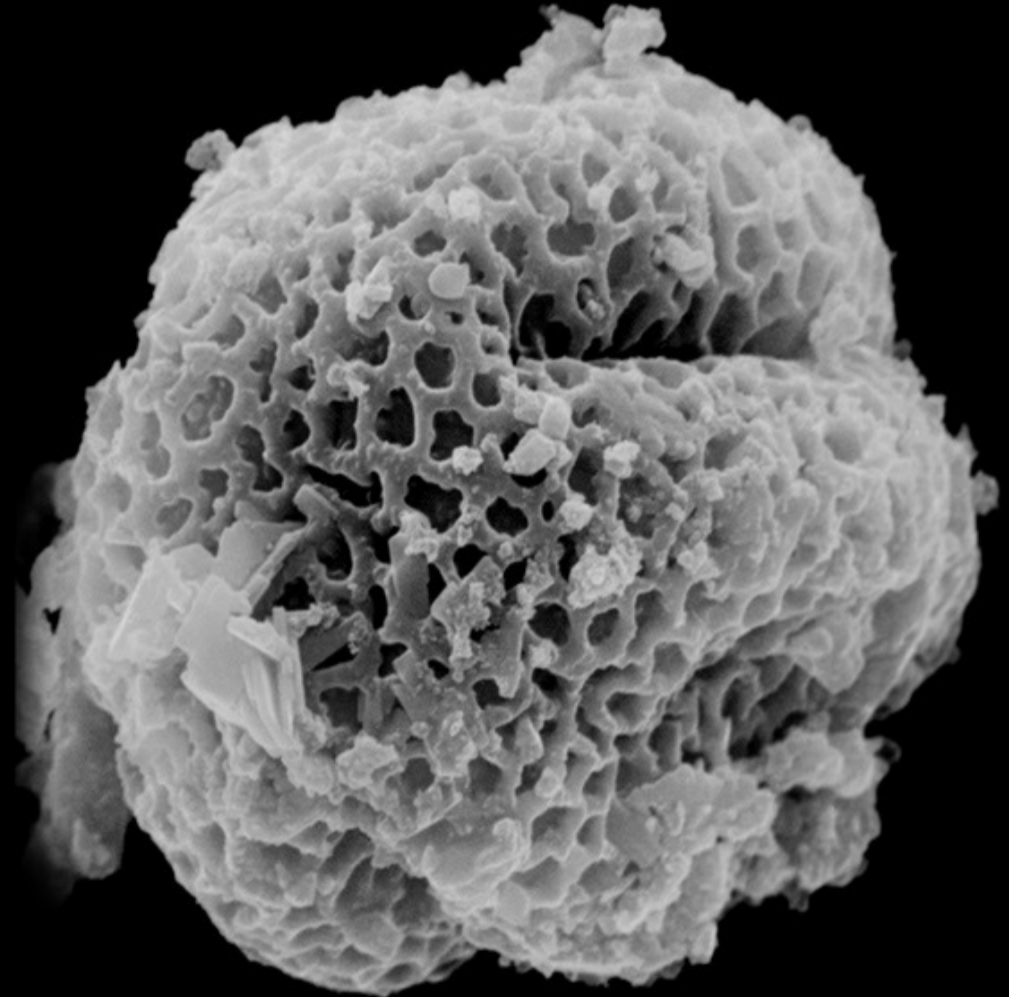


WRF/RegCM and CHIMERE, RCP4.5, © EuroGeographics

Feinstaub und Allergien

Allergene aus der Luft binden an Feinstaubpartikel; es entstehen Allergen-Aerosole, die ein zusätzliches allergenes Potenzial darstellen.

Foto: Prof. Heidrun Behrendt/Helmholtz Zentrum München, Klinische Kooperationsgruppe Umweltdermatologie und Allergologie



Feinstaub

Schwebstaub

Sammelbezeichnung für alle festen Teilchen in der Luft, z. B.

Ruß

im Wesentlichen aus Kohlenstoff bestehende Teilchen, entstanden d. unvollständ. Verbrennungsprozesse

Staub

feinst verteilte feste Teilchen in der Luft, entstanden durch mechanische Prozesse oder Aufwirbelung

Rauch

feinst verteilte feste Teilchen in der Luft, entstanden durch chemische oder thermische Prozesse

Unterteilung nach Partikelgröße

(Inhalierbarer) Feinstaub

PM₁₀, $\varnothing < 10\mu\text{m}$

Lungengängiger Feinstaub

PM_{2,5}, $\varnothing < 2,5\mu\text{m}$

Ultrafeine Partikel

UP, $\varnothing < 0,1\mu\text{m}$

Grobstaub

(Sedimentationsstaub)
 $\varnothing > 10\mu\text{m}$

PM:

Sulfate, Nitrate, Ammoniak, Kochsalz, Kohlenstoff, Mineralstaub, organ. Bestandteile

PM: Particulate Matter
UP: Ultrafine Particles

Unterteilung nach Staubart, z. B.

Hausstaub

- Gesteinskörnchen
- Hautschuppen
- Lebensmittelreste
- Abriebmaterial
- Pilzsporen, Bakterien

"Wollmäuse"

Schwarze Wohnungen

Faserstaub

- anorganische Fasern (z. B. Asbest, Glaswolle)
- organische Fasern (z. B. Baumwollstaub)

Gesteinsstaub

- Silikate (Sand)
- Löss

Blütenstaub

Pollen

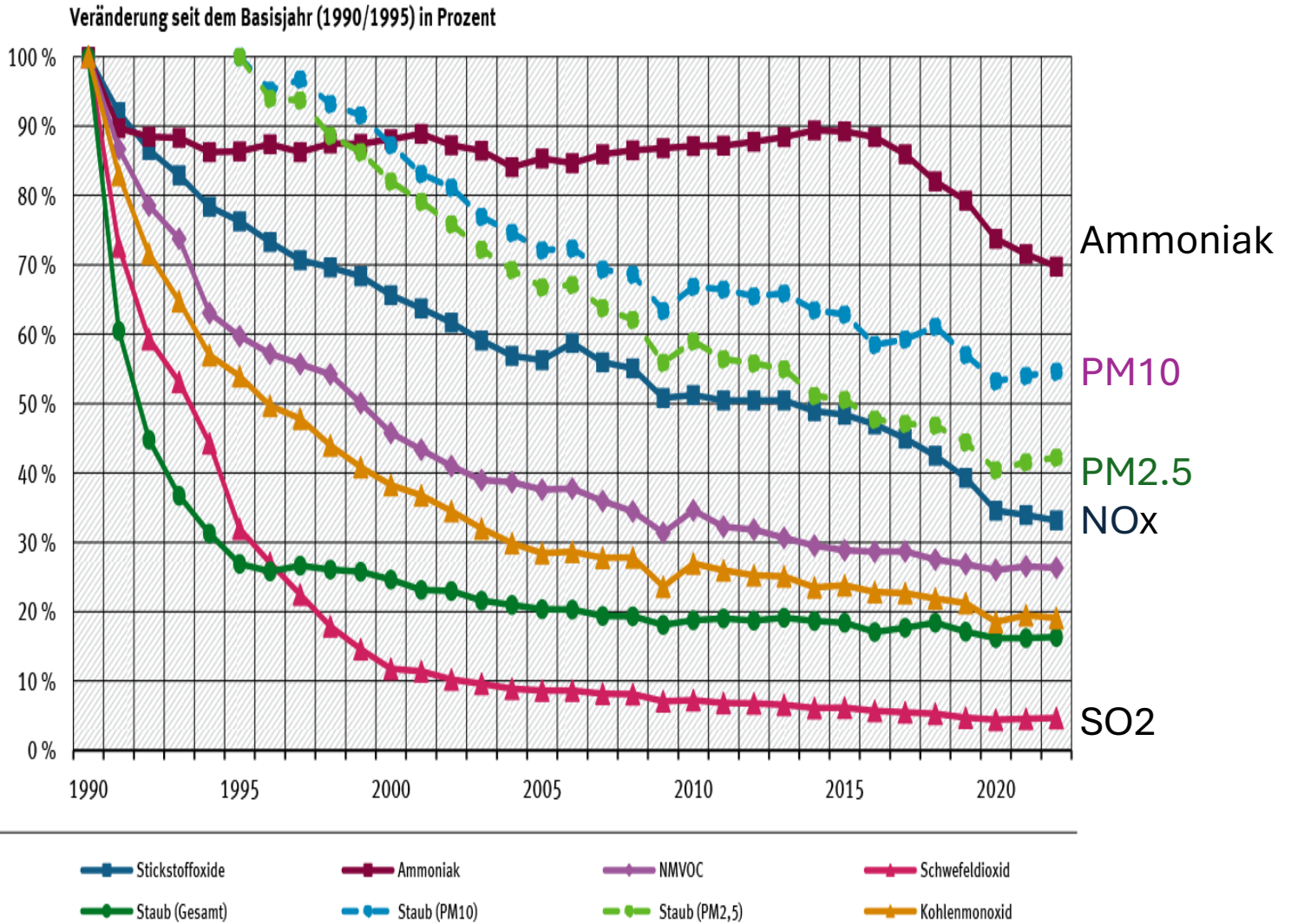
Particulate Matter PM

GNU Free Documentation License, Version 1.2

Nanopartikel 1-100 nm

Pulmologisches Forschungsinstitut (IPR)

Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe in Deutschland von 1990 bis 2022 (Stand UBA 03/2024)



Zusammensetzung deutscher PM_{2,5}- und NO_x- Emissionen im Jahr 2021 nach UBA-Berichterstattung 2023

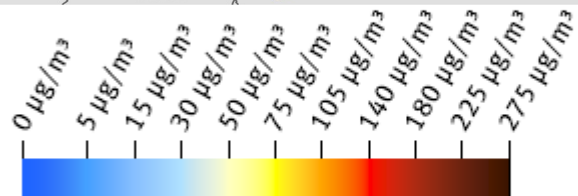
	PM 2.5 (%)	NO _x (%)
Energieerzeugung	19!	44!
Holzfeuerung	19!	2
Industrieprozesse	14	6
Landwirtschaft	6	11
Schüttgutumschlag	11	-
Straßenverkehr	19!	33!
Weiterer Verkehr	6	4
Gesamtmenge	83 000 t	967 000 t

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaetsgrenzwerte-in-deutschland-2022-erneut>



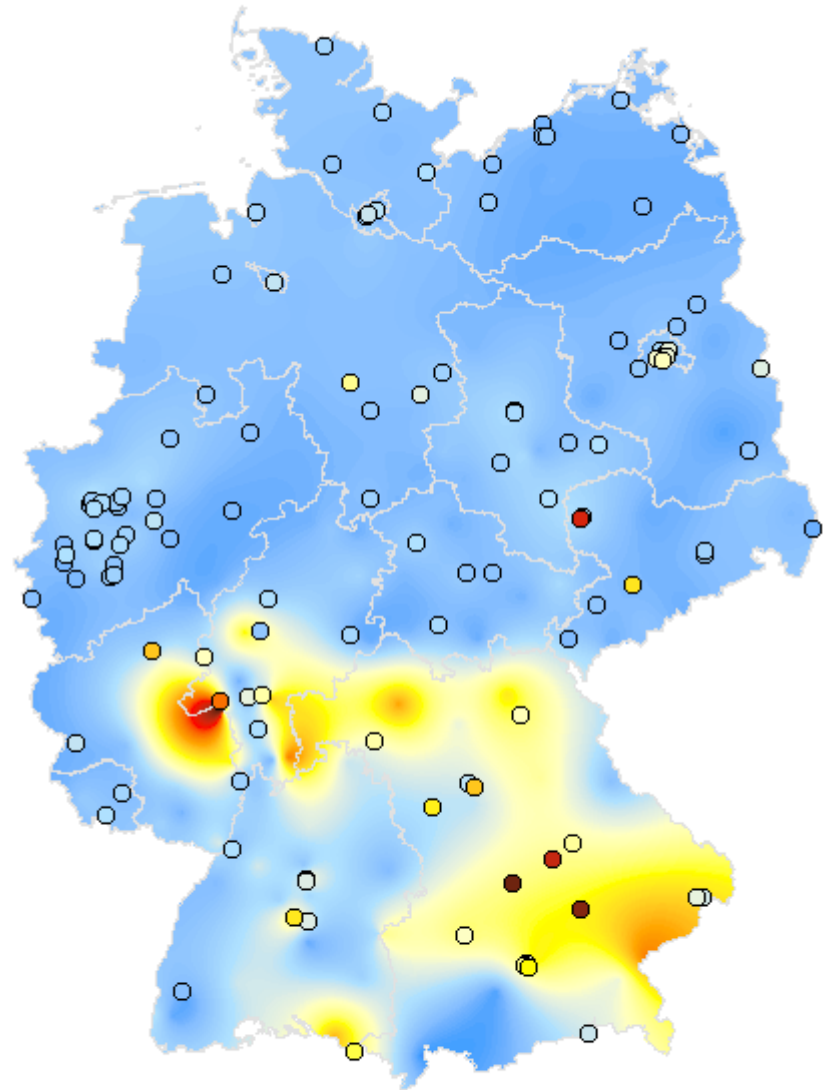
Tagesmittel der Feinstaubkonzentration (PM10)

01. Januar 2023

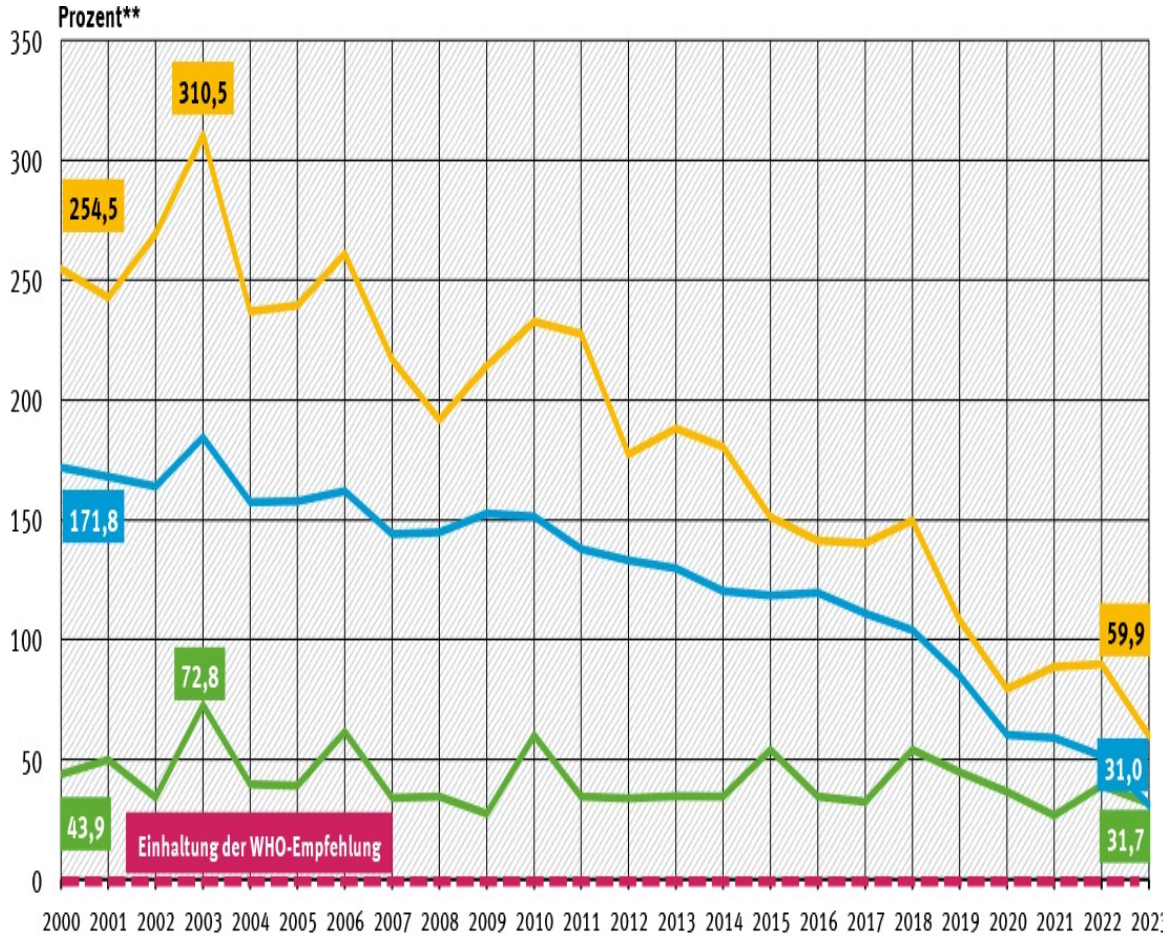


Angaben in Mikrogramm pro Kubikmeter Luft

Erstellt vom Umweltbundesamt mit Daten der Messnetze der Länder und des Bundes.
Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.
© Umweltbundesamt und Bundesländer



Abstand der durchschnittlichen Schadstoffkonzentrationen zur WHO-Empfehlung im städtischen Hintergrund deutscher Ballungsräume von 2000 bis 2023 (UBA 2024)



WHO Empfehlung 2021

PM 2,5 (5 µg/m³ im Jahresmittel)

NO2 (10 µg/m³ im Jahresmittel)

O3 (100 µg/m³ max 8h-Wert)

— Ozon (O₃) — Feinstaub (PM_{2,5}) — Stickstoffdioxid (NO₂)

* WHO-Empfehlungen 2021 O₃: 100 µg/m³ als 99. Perzentil der tägl. max. 8h-Werte; PM_{2,5}: 5 µg/m³ im Jahresmittel; NO₂: 10 µg/m³ im Jahresmittel

Quelle: Umweltbundesamt 2024

Feinstaub und Lungenwachstum bei Kindern

Kinder im Alter von 5-11 Jahren:

- Bei einem Anstieg von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 war die Zunahme von FEV1 im Lungenfunktionstest um 23 ml geringer
- Bei einem Anstieg von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO2 war die Zunahme von FEV1 um 14 ml geringer

Folgerung: Unter Feinstaub/NO2 geringeres Lungenwachstum bei Kindern

(Mölter et al. Environ Health Perspect 121, 1232-1238, 2013)

Besonderheiten der Atemphysiologie im Kindesalter

	Neugeborenes	6 Jahre	Erwachsene
Atemfrequenz/min	40	24	14
O₂-Verbrauch (ml/kg/min)	6,0	4,6	3,5
Lungen-Oberfläche (m²)	2,8	30	80
Bronchiale Reaktionsschwelle (Histamin mg/ml)	ca. 1	ca. 2-4	ca. 4-8

Steiß, Allergologie 2026, 49: 105-114

Feinstaub und Asthma

- Air pollution (Ozon, Feinstaub [PM_{2,5}, PM₁₀], SO₂, NO_x) verschlimmert Asthma
- Pollen, Air pollution und Klima beeinflussen die Entstehung von Allergien

(Shea et al. J Allergy Clin Immunol 122, 443-453, 2008)

Feinstaub und Lungenkarzinom

Feinstaub und Lungenkarzinom Inzidenz in 17 europäischen Kohorten

- 312 944 Teilnehmer
- Lungenkarzinomrisiko (HR):
 - 1,22 (**22%**) pro 10 $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$
 - 1,18 (**18%**) pro 5 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$
- davon Adenokarzinomrisiko (HR):
 - 1,51 (**51%**) pro 10 $\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$
 - 1,55 (**55%**) pro 5 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$

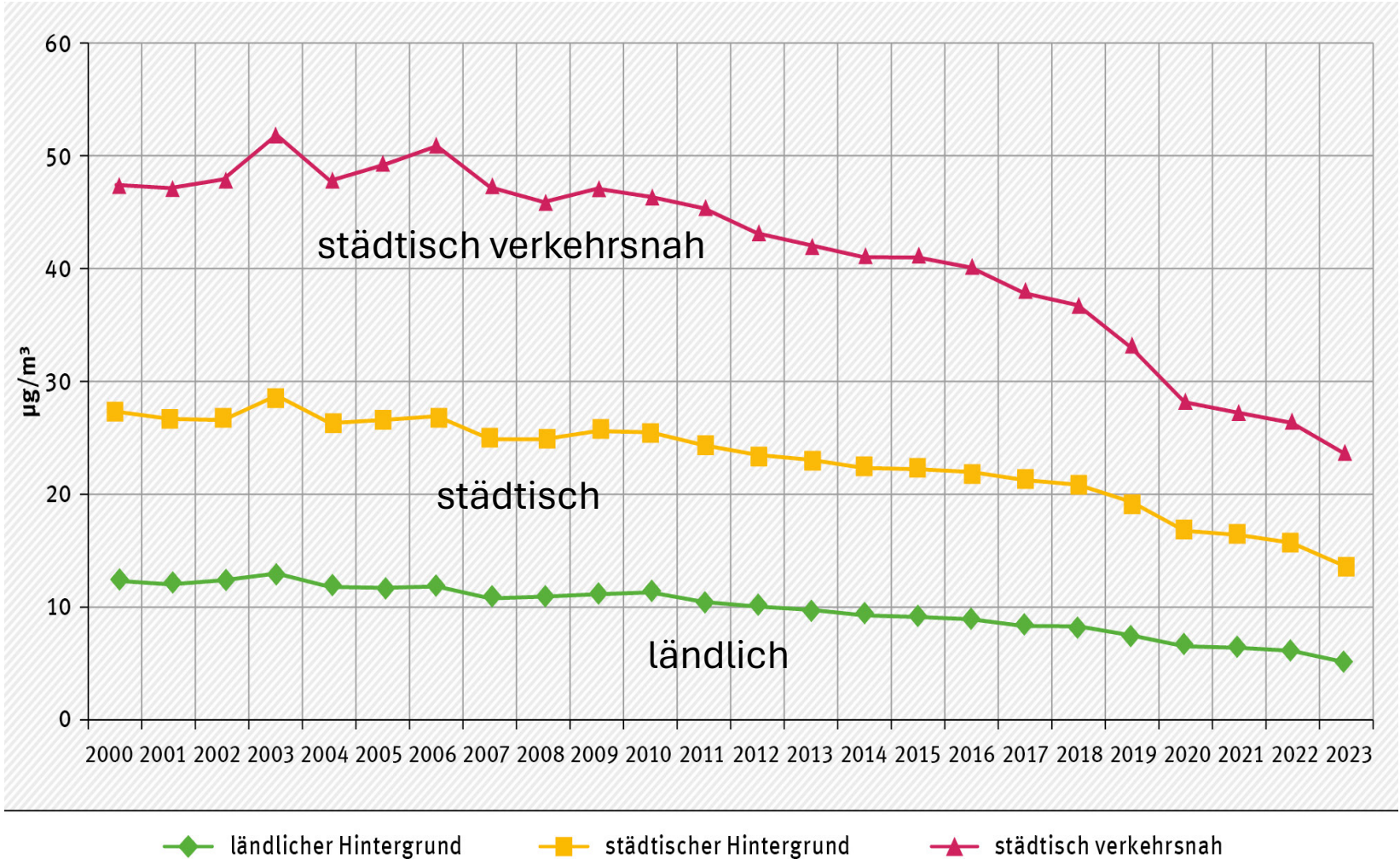
(Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the **European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)**.

Lancet Oncol. 2013 Aug;14(9):813-22. doi: 10.1016/S1470-2045(13)70279-1. Epub 2013 Jul 10)

Stickstoffdioxid (NO₂)

- NO₂ ist ein Reizgas und entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Gas, Kohle, Öl) und ist daher unter anderem Bestandteil des Abgases von Kraftfahrzeugen, von Öl- und Gas-Heizkesseln sowie von Gas- und Kohlekraftwerken
- NO₂ ist die Hauptquelle für Nitrat-Aerosole, die einen wichtigen Anteil von **PM_{2,5}** bilden und in Gegenwart von ultraviolettem Licht **Ozon** (O₃)
- **Saurer Regen** entsteht durch die Bildung von **Salpetersäure** (HNO₃) in der Erdatmosphäre durch folgende Reaktion:
$$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$$
- Gewitter sind eine natürliche Quelle von atmosphärischem NO₂

Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2000-2023 (UBA 2024)



Vermindertes Lungenwachstum bei Zunahme von NO₂ bei Schulkindern über einen Zeitraum von 8 Jahren

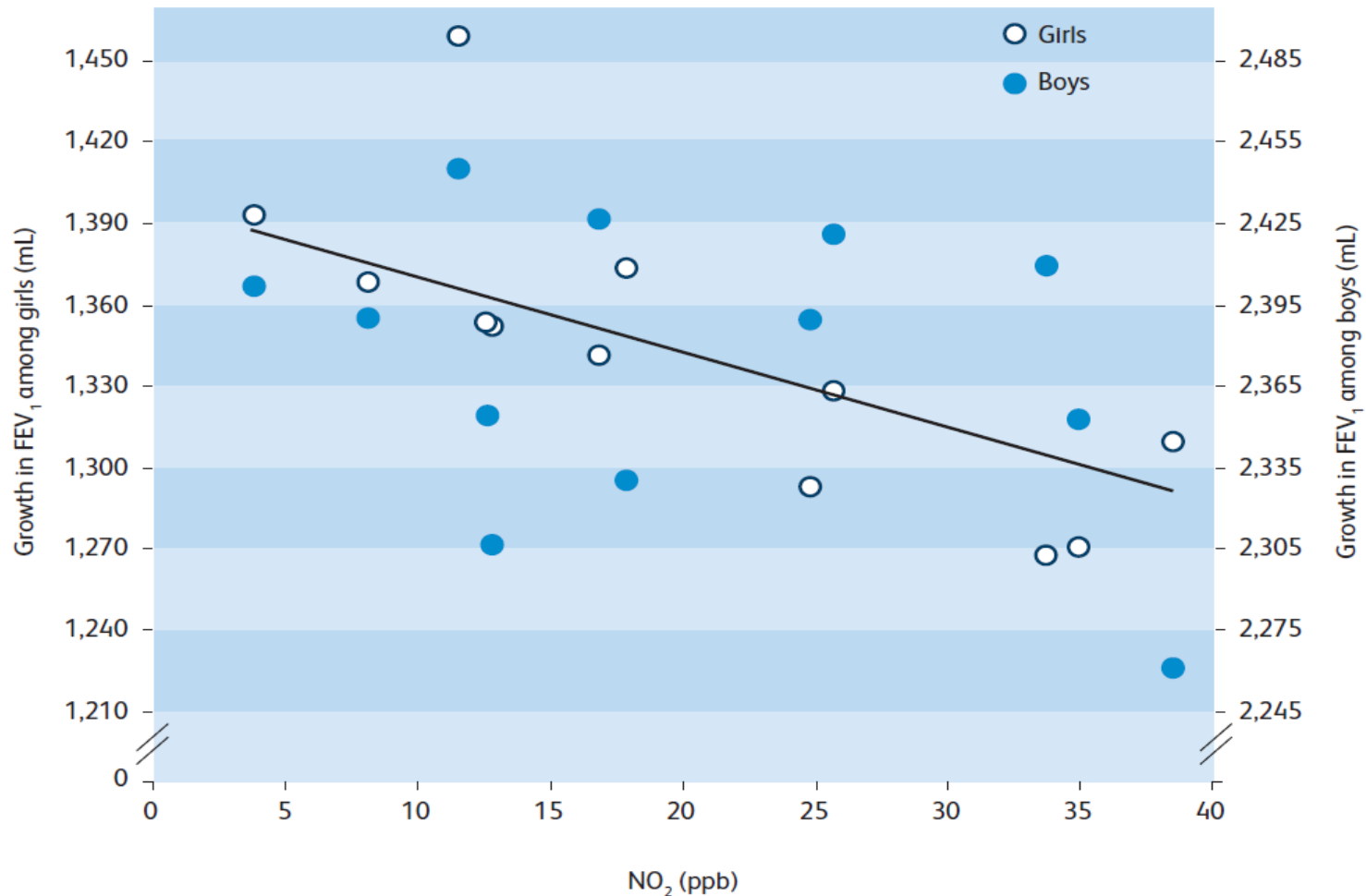


Fig 11. Average growth in FEV₁ in school-age girls (open circles) and boys (closed circles) during an 8-year period, plotted against average NO₂. Each dot represents a separate community. As background NO₂ increases in communities, the rate of growth in FEV₁ decreases. A similar effect was observed for background PM. Adapted with permission from Gauderman *et al.*⁵ © 2004 Massachusetts Medical Society.

Schätzung des relativen Risikos (RR) zwischen Lungenkrebs und der Exposition von NO_x/NO₂

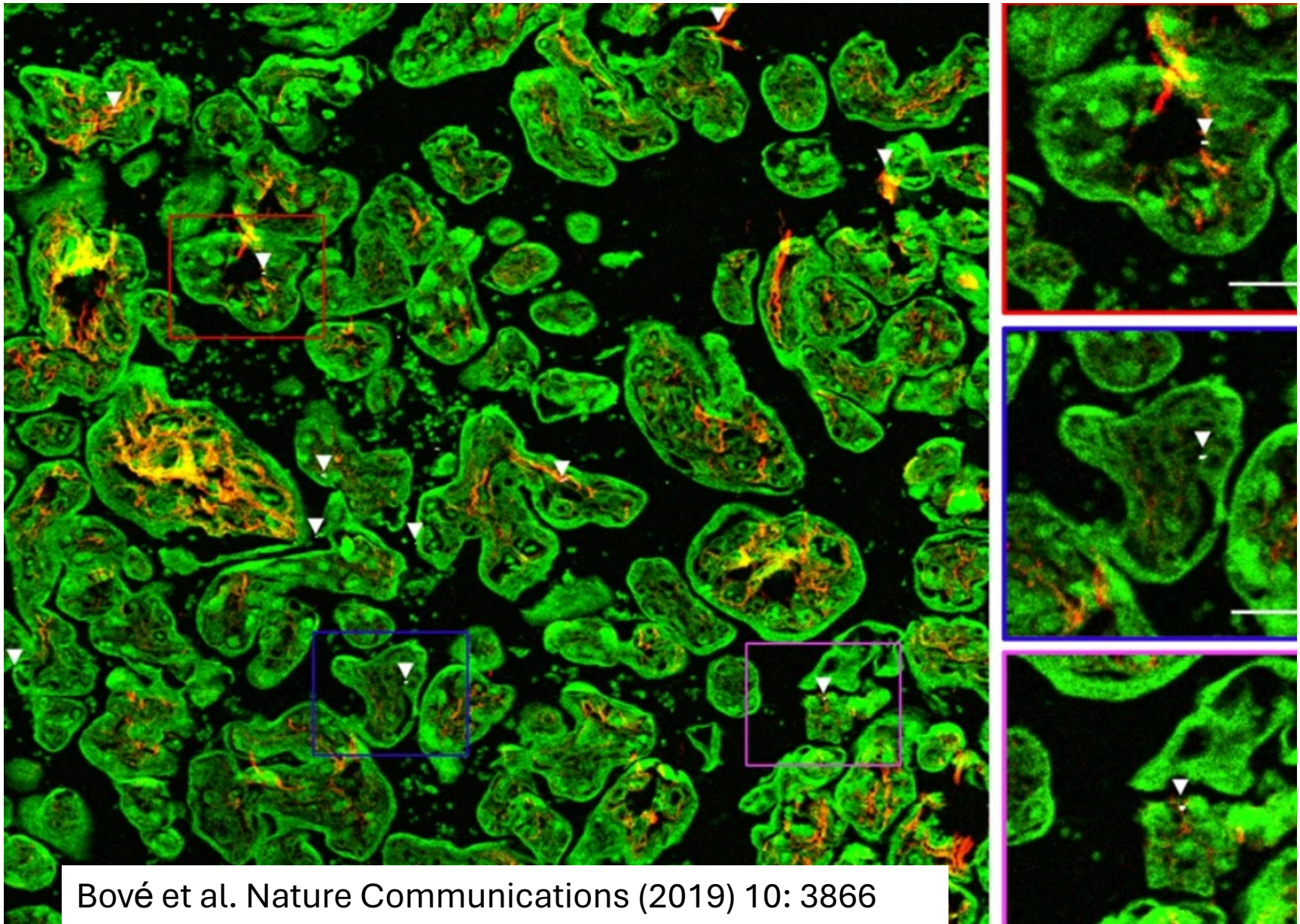
Studienerstautor		RR in %
Beelen	An der Straße 10 000 Kfz/Tag	5 (1,05)
	In 100 m Abstand > 335 000 Kfz/Tag	5 (1,05)
	Wohnen neben Straße	11 (1,11)
Raaschou-Nielsen	Per 10 000 Kfz km/Tag innerhalb von 200 m	3 (1,03)
	Hauptstraße innerhalb von 50 m	21 (1,21)
Cesaroni	Hauptstraße < 50m-250m	0 (0,99)
	>666 000 Kfz km/Tag	3 (1,03)
Heinrich	≤ 50 m von Hauptstraße	< 0 (0,62)
Hystad	10 Jahre < 50 m von Highway	19 (1,19)
	10 Jahre < 50 m von Hauptstraße	0 (1,0)
Puett	0-49 m von A1-A3 Roadways (vs. < 200 m)	5 (1,05)
	0-49 m von A1-A2 Roadways (vs. 200 m)	2 (1,02)
	0-49 m von A1 Roadways (vs. 200m)	101 (2,01)

(Hamra et al. Env Health Persp 2015; 123: 1107-1112)

Negative Gesundheitseffekte von Luftschadstoffen

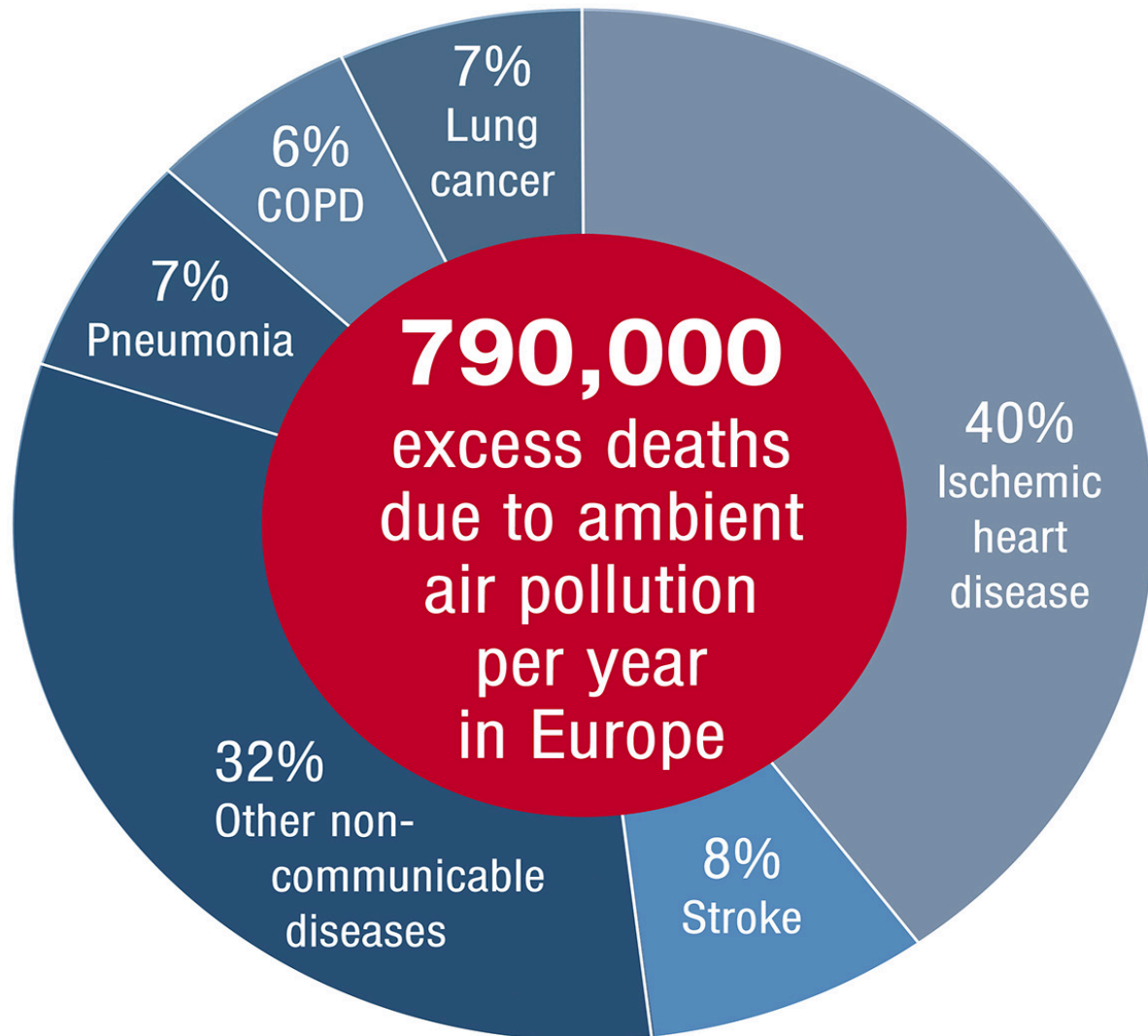
Lunge	<ul style="list-style-type: none"> - verminderte Lungenfunktion - akute und häufigere Verschlechterung (Asthma, COPD) - Anstieg von Bronchitiden und Pneumonien - erhöhtes Risiko von Lungenkrebs 	
Herz	<ul style="list-style-type: none"> - Aktivierung der Blutgerinnung - Herzrhythmusstörungen - Arterienverkalkung - Blutdruckanstieg 	<p>erhöhtes Risiko für Herzinfarkt Schlaganfall</p>
System	<ul style="list-style-type: none"> - Störung des Stoffwechselprozessen - Glukoseregulationsstörungen - verringerte Insulinsensitivität 	<p>Erhöhtes Risiko für Typ 2 Diabetes Schwangerschaftsdiabetes</p>
Gehirn	<ul style="list-style-type: none"> - verminderte neurokognitive Funktion - gestörte neuropsychologische Entwicklung bei Kindern - Neurodegeneration bei Erwachsenen 	<p>Hinweis auf Demenz Alzheimer</p>
Fötus	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhtes Asthma-Risiko im Kindesalter - erhöhtes Risiko für reduziertes Geburtsgewicht - Risiko für Früh- und Totgeburten - verminderte Lungenfunktion bei Säuglingen und Kleinkindern - erhöhtes Risiko für Schwangerschaftskomplikationen 	

Nachweis von Feinstaub (Black Carbon) in der kindlichen Seite der Plazenta



Bové et al. Nature Communications (2019) 10: 3866

Geschätzte zusätzliche Sterbefälle pro Jahr durch Air Pollution in Europa



	Sterbefälle/ 100.000/Jahr
Europa	133
EU-28	129
Deutschland	154
Italien	136
Polen	150
Großbritannien	98
Frankreich	105

Weltweite Folgen von Klimawandel und Gesundheit

Climate Action, Fast Facts, WHO and United Nation, 2024

1. Der Klimawandel schädigt die Gesundheit durch Luftverschmutzung, Krankheiten, Extremwetterereignisse, Vertreibung, Ernährungsmangel, psychische Erkrankungen. Jedes Jahr sterben etwa 13 Millionen Menschen durch Umweltfaktoren.
2. Das Erreichen der Ziele des Pariser Abkommens könnte jährlich etwa eine Million Menschenleben bis 2050 retten, allein durch die Verringerung der Luftverschmutzung.
3. 250.000 zusätzliche klimabedingte Todesfälle durch Mangelernährung, Malaria, Durchfall und Hitzestress können vermieden werden.
4. Über 90 Prozent der Menschen atmen verschmutzte Luft ein, die größtenteils durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entsteht, Im Jahr 2018 verursachte die Luftverschmutzung 2,9 Billionen US-Dollar an gesundheitlichen und wirtschaftlichen Kosten, etwa 8 Milliarden US-Dollar pro Tag.
5. Der Verkehr verursacht rund 20 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen.
6. Systeme zur Herstellung, Verpackung und Verteilung von Lebensmitteln erzeugen ein Drittel der Gasemissionen.
7. Die abnehmende Biodiversity erhöht das Risiko von Infektionskrankheiten.

Mikro/Nanoplastik (MNP)

**Ethics Advisor von April 2021 – April 2025 des
Forschungsprojekts PlasticsFatE
Grant agreement ID: 965367**



Plastik überall



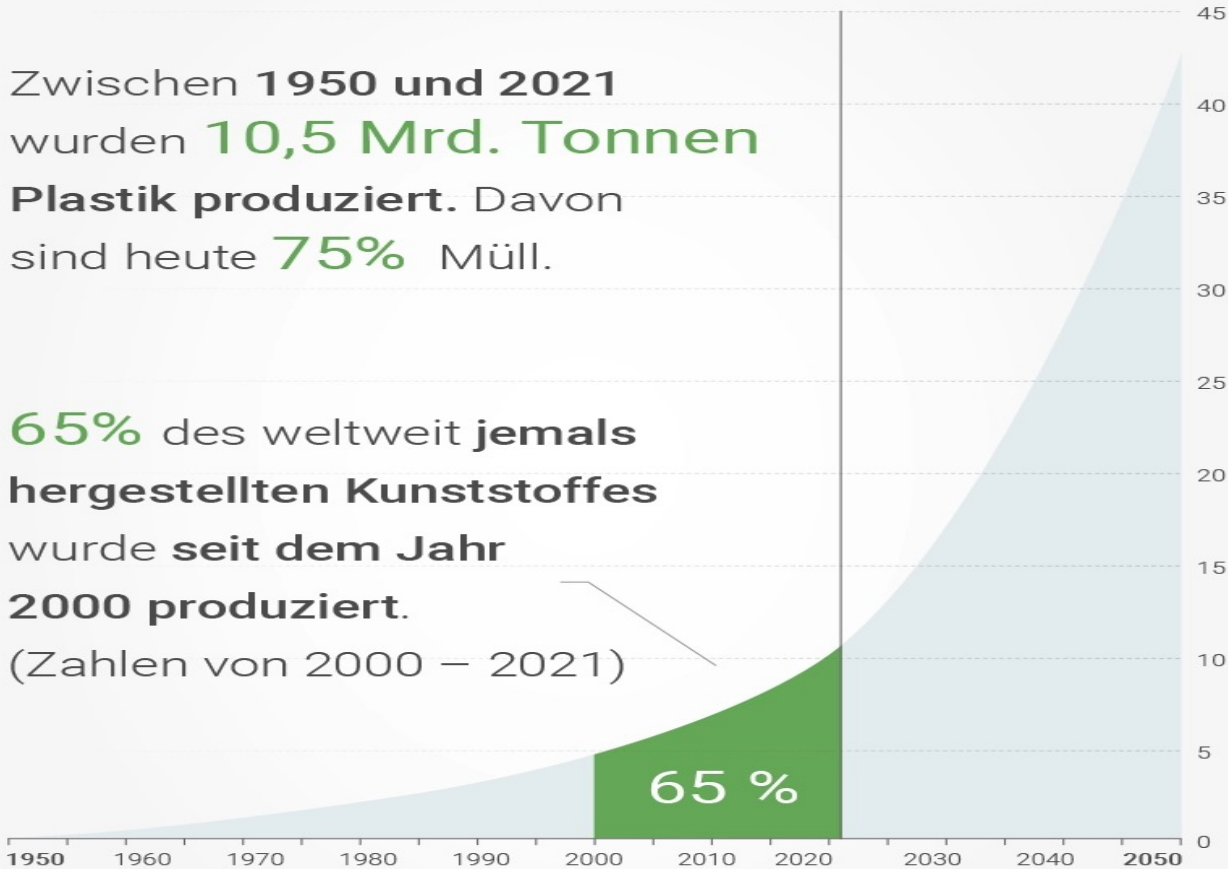
TIDE Chandelier – Stuart Haygarth

Globale Plastik-Produktion

Zwischen 1950 und 2021 in Milliarden Tonnen

Zwischen **1950 und 2021** wurden **10,5 Mrd. Tonnen Plastik produziert**. Davon sind heute **75%** Müll.

65% des weltweit **jemals hergestellten Kunststoffes** wurde **seit dem Jahr 2000 produziert**.
(Zahlen von 2000 – 2021)



Laut Forschern sollen **bis 2050** weitere **32 Mrd. Tonnen** Kunststoff produziert werden.

- **Global gesehen wurden nur rund 9% davon recycelt**
- **12% verbrannt**
- **79% deponiert oder in der Umwelt entsorgt**

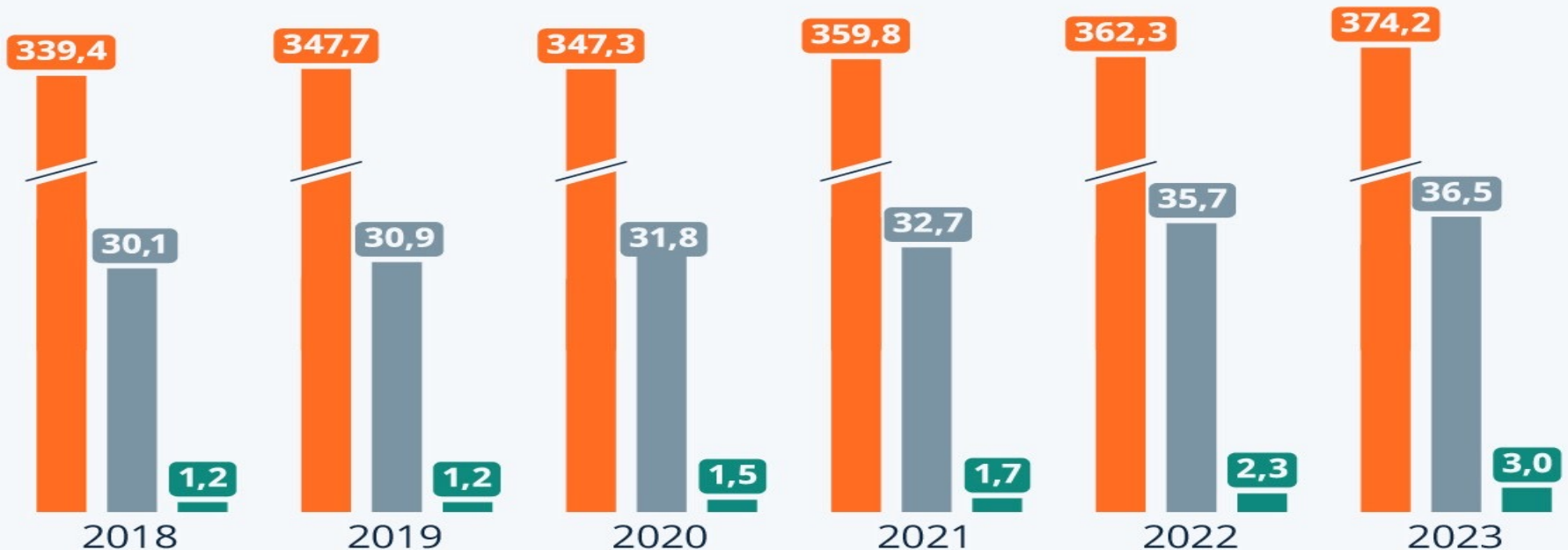
Die Menschheit produziert immer mehr Plastik

Menge des weltweit produzierten Kunststoffs nach genutzten Rohstoffen (in Mio. Tonnen)



■ Aus fossilen Rohstoffen ■ Aus recyceltem Plastik*
■ Aus biologischen Rohstoffen

Etwa 414 Mio. Tonnen

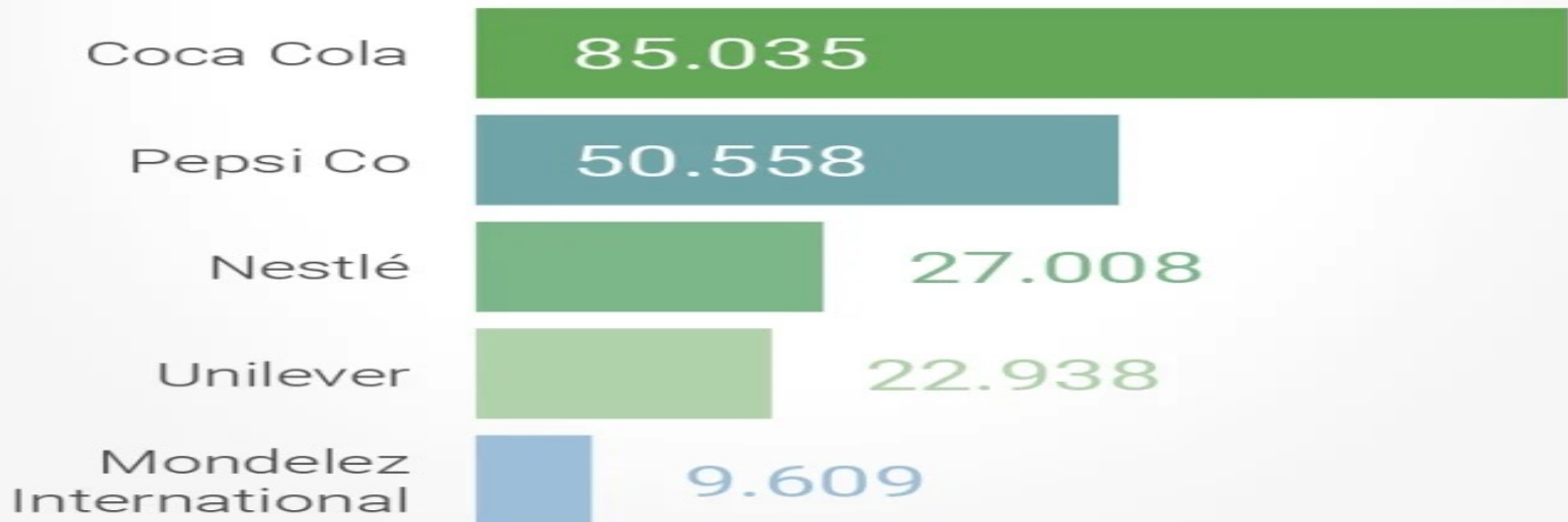


* überwiegend mechanisch, zu einem kleinen Teil chemisch

Quelle: Plastics Europe; Grafik: © [Statista](https://www.statista.com/) (CC BY-ND 3.0)

Top 5 Firmen, die am meisten Plastikmüll verursachen

In den letzten 5 Jahren wurden **bei 2.373 Müllsammelaktionen in 87 Ländern 2.125.414 Teile gesammelt** und katalogisiert. Dabei waren vor allem folgende Firmen vertreten:



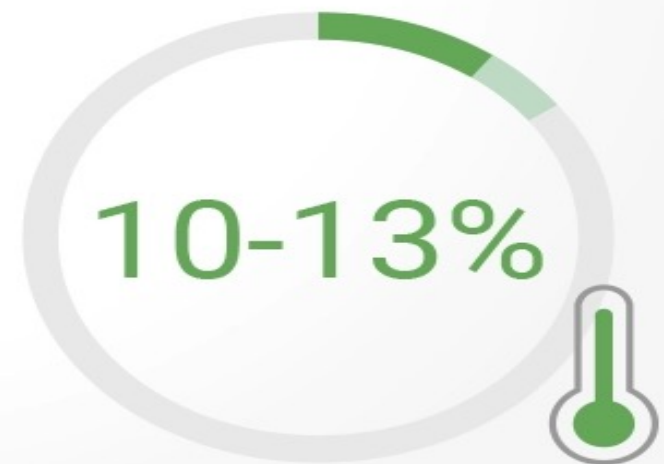
<https://aktivbewusst.de/plastikmuell-statistiken-deutschland-weltweit/>

Wird die weltweite Plastikproduktion nicht gebremst, dann werden allein Kunststoffe bis 2050 für weitere

56 Gigatonnen CO₂-Emissionen

(56 Milliarden Tonnen) verantwortlich sein.

Das entspricht zwischen **10 und 13 %** des verbleibenden CO₂-Budgets für das 1,5 Grad-Ziel.



<https://aktivbewusst.de/plastikmuell-statistiken-deutschland-weltweit/>

Geschätzte Abbauzeiten von häufigem Schwemmgut



Natürliche Materialien wie Baumwolle oder Pappe verrotten nach wenigen Monaten.

Produkte aus Kunststoff werden zwar über viele Jahre hinweg zu kleinsten Plastikteilchen zersetzt, aber nie vollständig abgebaut. (Daten: Fraunhofer UMSICHT FRAUNHOFER UMSICHT 2017)

Folgen der Einleitung von Plastikmüll in die Meere

- 10 % der weltweiten Plastikproduktion landet im Meer
- 13 000 Plastikteile schwimmen auf 1m² Meeresoberfläche
- 5,25 Trillionen Plastikteile mit 270 000 t im Meer
- 15 % werden an Küsten abgelagert
- 15 % schwimmen als Inseln
- 70 % werden auf Meeresgrund abgelagert
- 100 000 tote Meeressäuger/Jahr durch Plastik
- 1 000 000 tote Vögel/Jahr durch Plastik
- Im Jahr 2050 mehr Plastikmüll im Meer als Fische (gewichtsbezogen)

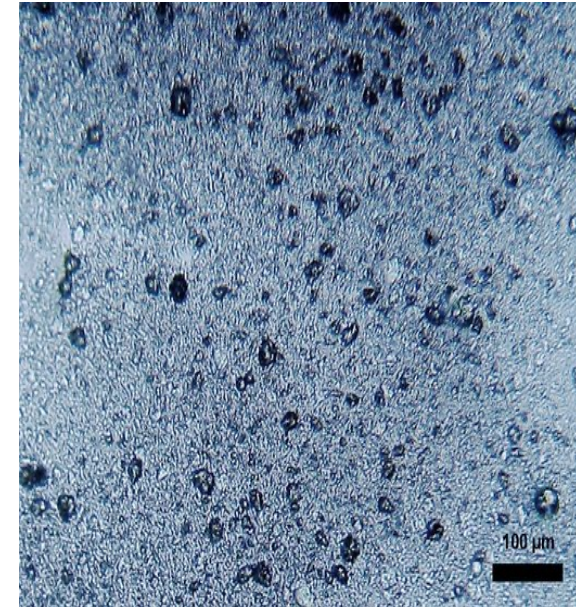
Mageninhalt eines toten Albatros



Chris Jordan (via U.S. Fish and Wildlife Service Headquarters) / CC BY 2.0

Was ist Mikroplastik/Nanoplastik (MPN)?

- Als **Mikroplastik** bezeichnet man nach einer Definition der U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration kleine Kunststoff-Teilchen mit einem Durchmesser unter 5 mm.
- **Nanoplastik** hat einen Durchmesser von 10 bis 100 nm (1 nm = 0,000 001 mm)
- Diese Definition wird auch vom deutschen Umweltbundesamt in Anlehnung an die technische Definition aus den Kriterien des EU-Ecolabel für Wasch- und Reinigungsmittel genutzt
- Man kann unterscheiden zwischen bewusst erzeugten Mikroplastik-Partikeln zu Gebrauchszwecken, z. B. in Kosmetika (**primäres Mikroplastik**) und solchen, die durch den Zerfall von Kunststoffprodukten entstehen (**sekundäres Mikroplastik/Plastikmüll**)



10–30 Mikrometer kleine Kunststoffkügelchen aus Polyethylen in einer Zahnpasta.
(Dantor, Wikipedia)

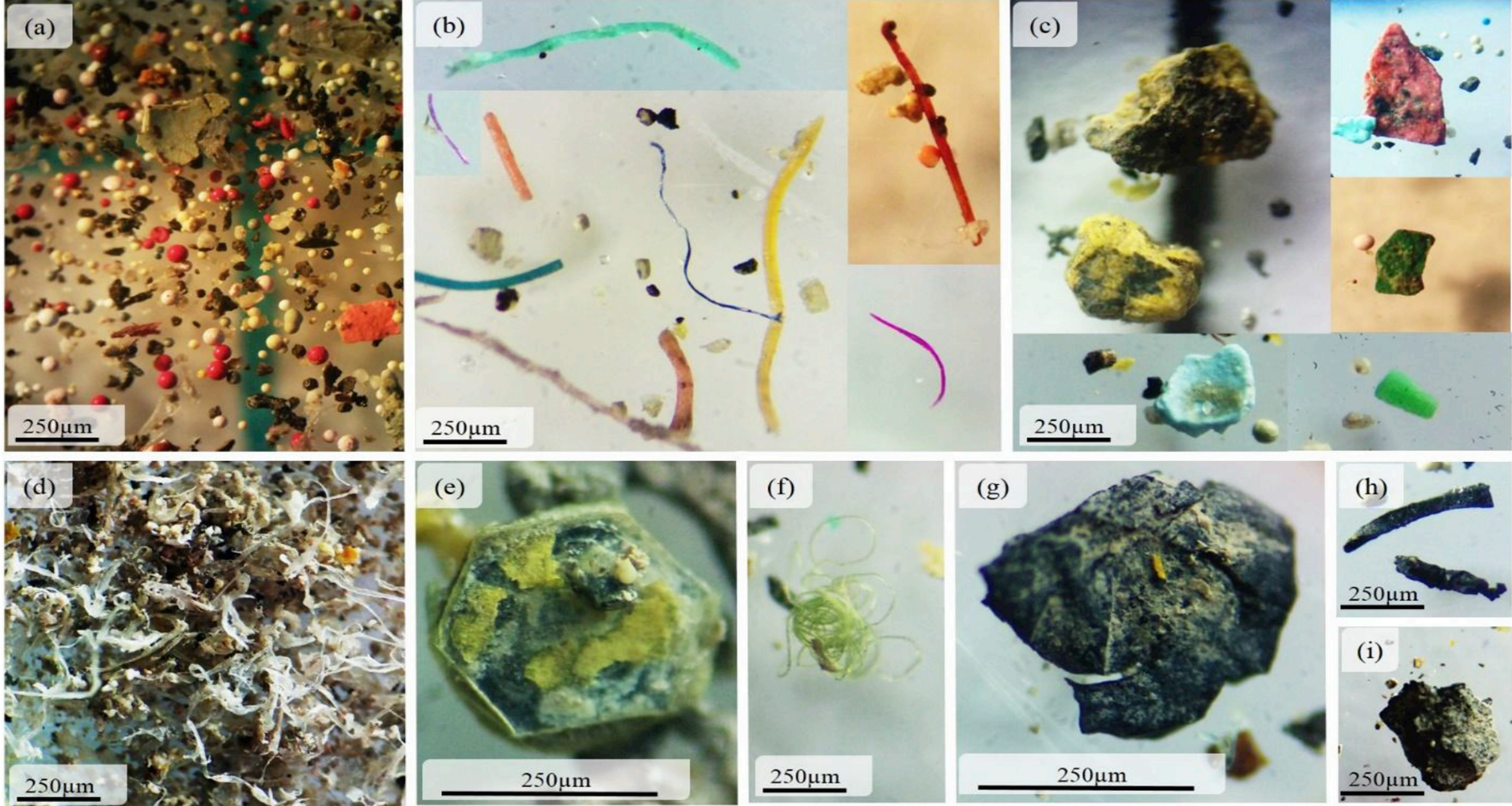
Primäres Mikroplastik in den Ozeanen - Woher?

- Der überwiegende Teil des primären Mikroplastiks in den Ozeanen (98 %) wird durch Aktivitäten an Land verursacht und zu zwei Prozent durch Aktivitäten auf See
- Der größte Teil dieser Partikel stammt aus dem Waschen von **synthetischen Textilien (35 %)** und aus dem **Abrieb von Reifen von Kraftfahrzeugen (28 %)** während der Fahrt
- Weiter folgen **Feinstaub aus Städten (24 %)**, Abrieb von Straßenmarkierungen 7 %, aus Schiffsbeschichtungen (3,7 %), Kosmetikprodukten (2 %) und Plastikpellets (0,3 %)
- Die Hauptwege dieser Kunststoffe in den Ozean führen über Straßenabflüsse (66 %), Abwasserbehandlungssysteme (25 %) und durch Windübertragung (7 %)

Sekundäres Mikroplastik - Woher?

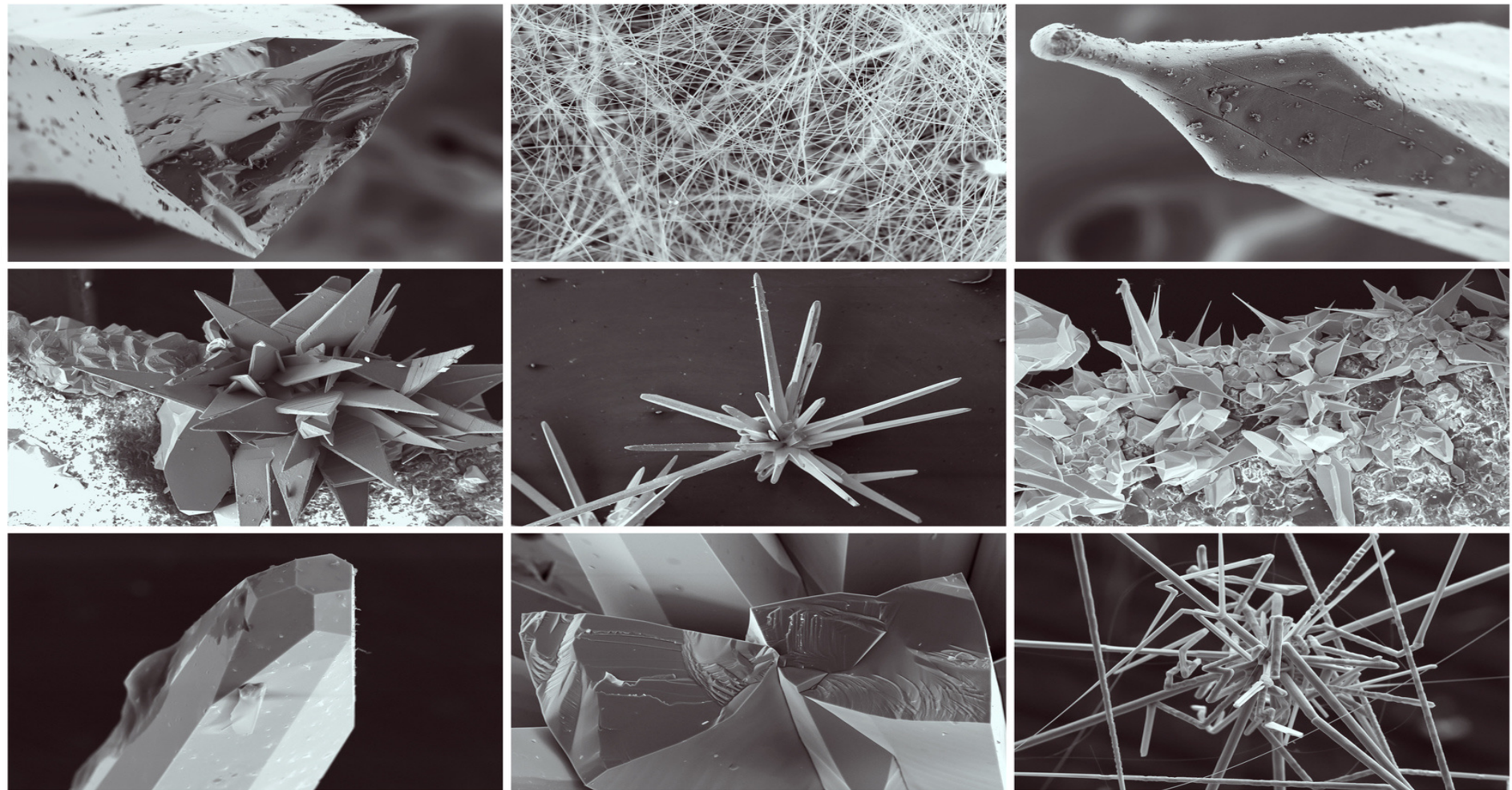
- **Versprödung** und Zersetzung größerer Kunststoffteile (Treibgut, z. B. Verpackungen, Möbelreste, Bau- und Kleinteile, Geisternetze usw.)
- durch die im Sonnenlicht enthaltene **UV-Strahlung**
- durch die mechanische Zerkleinerung durch **Wellenbewegungen**
- der Abbau dauert oft über hundert Jahre

Mikroplastik: Partikel und Fasern unter dem Mikroskop



S. Abbasi et al. Environmental Pollution 2019, 244: 153-164

Nanoplastik unter dem Elektronenmikroskop



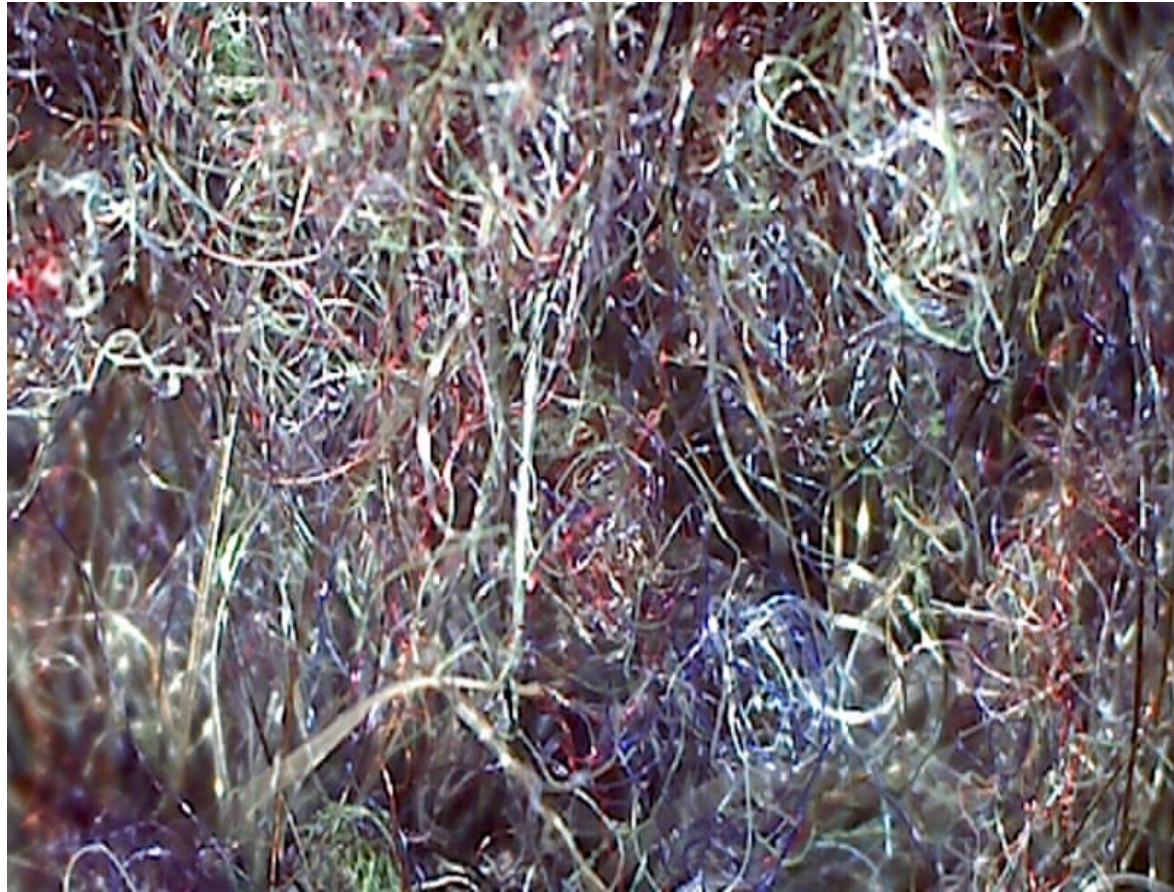
Quelle: yurazaga / Fotolia.com

Mikroplastik Fasern im Waschmaschinenabfluss

**Definition nach WHO:
Länge > 5 μm ,**

Durchmesser < 3 μm ,

**Länge/Durchmesser >
3/1**



A magnified image of clothing microfibres from washing machine effluent. One study found that a fleece jacket can shed as many as 250 000 fibres per wash. Photograph: Courtesy of Rozalia Project

Mikroplastik/Nanoplastik in Böden

- Nach Daten des Verbands der Europäischen Kunststoffhersteller wurden im Jahr 2014 in Europa rund 47,8 Mio. Tonnen verarbeitet
- Im Abfallwirtschaftssystem kamen hiervon jedoch nur 25,8 Mio. Tonnen an (PlasticsEurope 2015)
- Ein wichtiger Faktor für die Verbreitung von Mikroplastik ist Abwasser. 80 bis 90 % der darin enthaltenen Partikel, etwa Kleiderfasern, verbleiben im **Klärschlamm**, der als Düngemittel für Felder verwendet wird
- **Kompostierte Bioabfälle** aus plastikumhüllten Lebensmittel führen zu Bodeneinträgen
- Die Belastung durch Plastik an Land und in den Böden wird zwischen 4 und 32 mal höher eingeschätzt als in den Meeren (Gionfra 2018)

Mikroplastik in der Nahrungskette

- Nach UN Report wurde bei 800 Tierarten Mikroplastik gefunden
- Der Hauptteil fand sich im Verdauungstrakt
- Je kleiner die Partikel, desto größer die Anreicherung im Gewebe
- Problematisch sind Meerestiere als Nahrung bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 20 kg/Kopf/Jahr
- Meerestiere aus Aquakulturen enthalten weniger Mikroplastik als frei lebende Meerestiere

Mikroplastik in Lebensmitteln

Nachweise	Eintragswege	Autoren
Honig, Zucker, Bier	Luft	Liebezeit 2013 und 2014
Muscheln	Meer	De Witte 2014, Li 2015, Van Cauwenberghe 2014 und 2015
Krabben	Meer	Devriese 2015
Fisch	Meer	EFSA Panel 2015
Meersalz/Speisesalz	Meer	Yang 2015, Karami 2017, Iniguez 2017
Mineralwasser	PET- und Glasflaschen	Oßmann 2017, Schymanski 2018

Plastik aus Polymertypen und ihre Verwendungen

Polymertyp	Abkürzung	Verwendung
Polymethylmethacrylat	PMMA	Brillengläser, Rückleuchten, Bedachung
Polyethylen	PE	Flaschen, Spielzeug, Tragetaschen, Müllbeutel, Beschichtungen, Verpackungen, Gas- und Wasserrohre, Kabelisolation
Polypropylen	PP	Lebensmittel, Autoindustrie
Polyvinylchlorid	PVC	Gebäude, Transport, Verpackungen, Elektronik
Polyethylenterephthalat	PET	Getränkeflaschen
Polystyrol	PS	Lebensmittelverpackungen, Automatenbecher, Plastikbesteck, CD-Hüllen

Wie kann Mikroplastik krank machen?

Plastik enthält gefährliche Zusatzstoffe wie:

- **Weichmacher (Phthalate)**

 - DEHP (Diethylhexylphthalat)

 - DBP (Dibutylphthalat)

 - BBP (Benzylbutylphthalat)

 - DIDP (Diisodecylphthalat)

 - DINP (Diisonylphthalat)

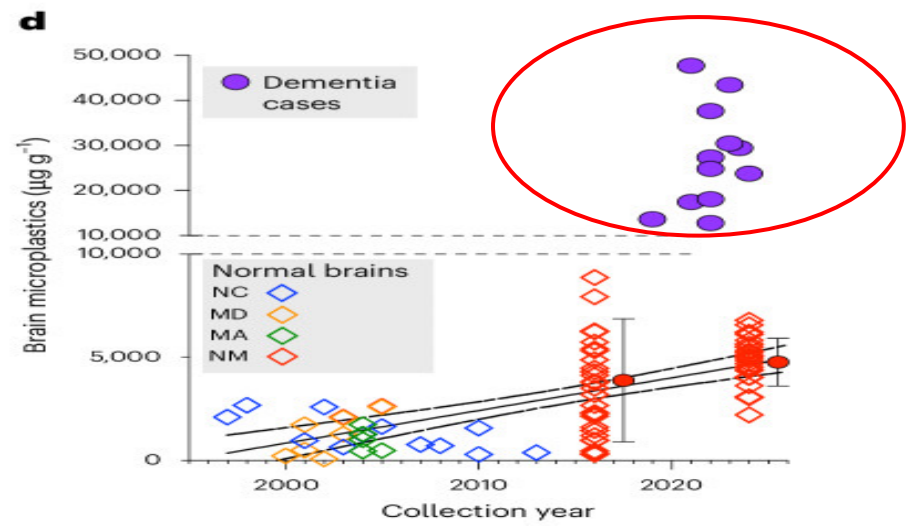
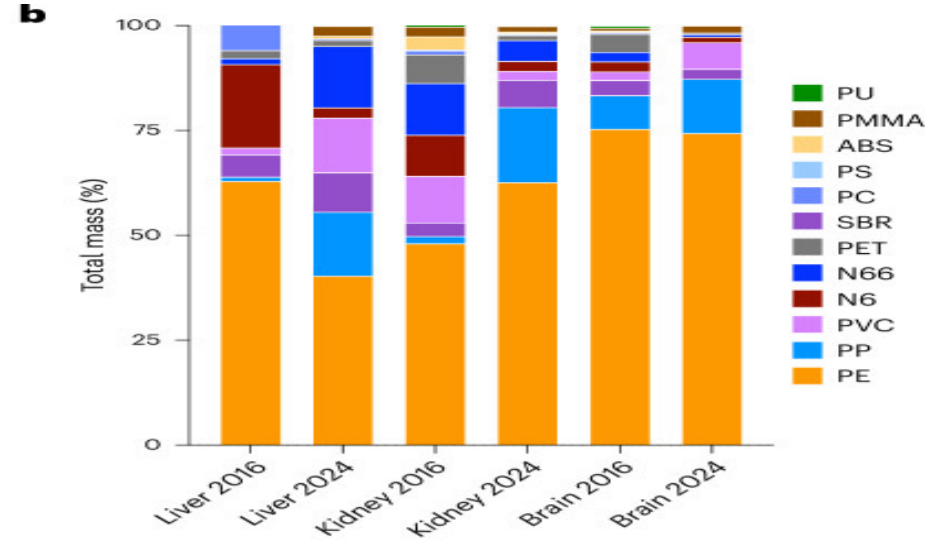
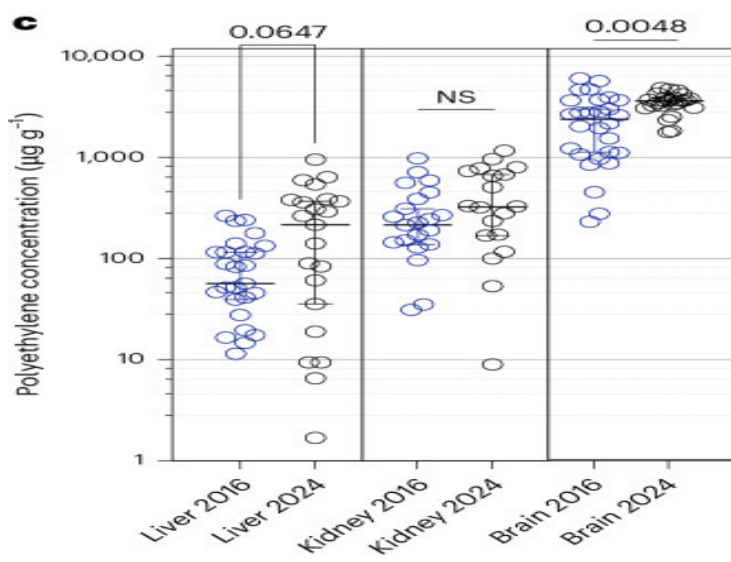
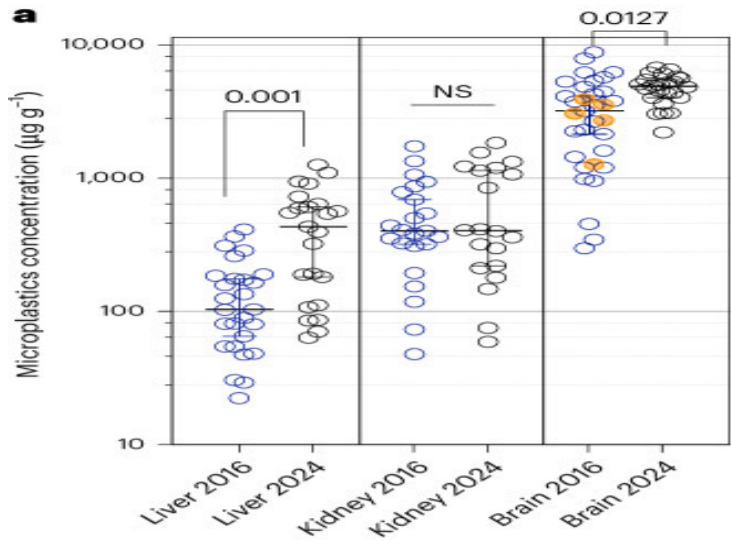
Phthalat-Alternative: phthalatfreie Weichmacher
DINCH (1,2-Cyclohexandicarbonsäurediisononylester)

- **Bisphenol A**

- **Bromierte Flammschutzmittel**

- **Organozinnverbindungen**

Vergleich von MNP-Konzentrationen in Leber, Niere und Gehirn von Verstorbenen (2016 vs. 2024)



MNP in Gehirn, Niere und Leber bei Verstorbenen

- Höchste MNP-Konzentrationen im Gehirn
- Im Jahr 2024 fünffach höhere MNP-Konzentrationen im Gehirn im Vergleich zu 2016
- 0,5 % des Gehirn-Gesamtgewichts
- 3–5-mal höher im Gehirn bei Dementen
- Am häufigsten sind Polyethylen-Nanopartikel < 200 nm (Vorkommen in Einwegverpackungen, Shampoo Flaschen, Frischhaltebeutel)

Studie: Microplastics and nanoplastics (MNP) in brain tumours and the healthy human brain

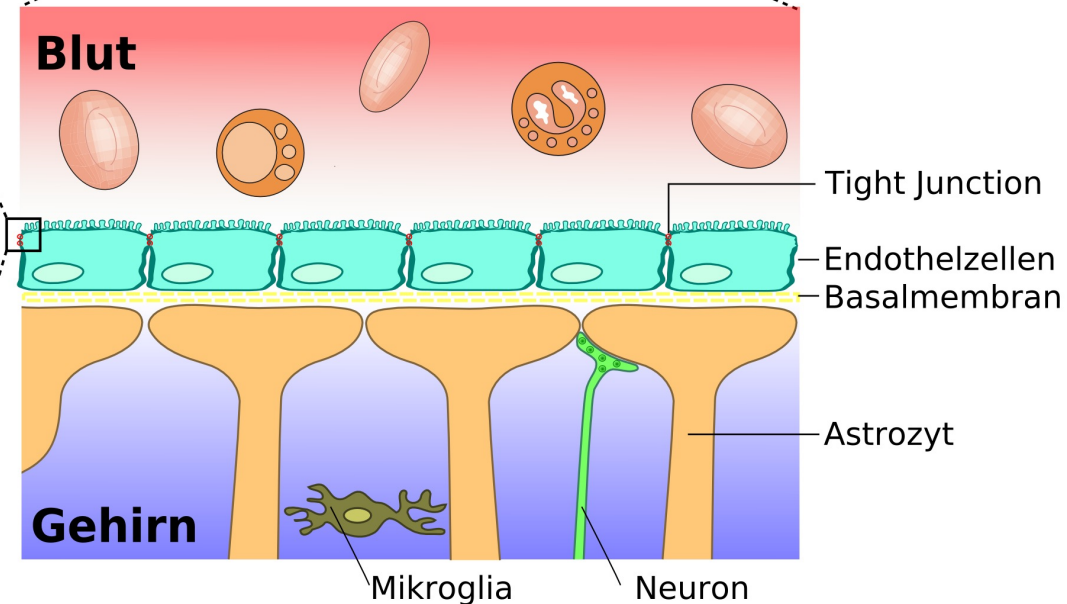
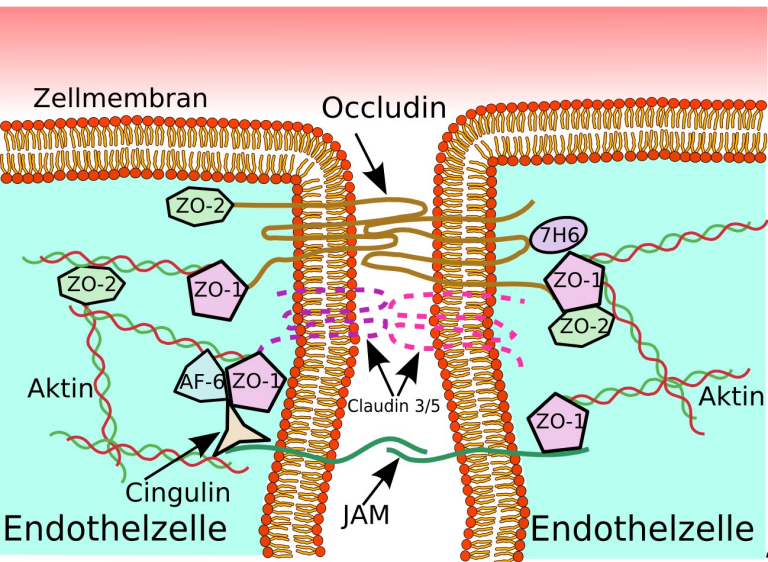
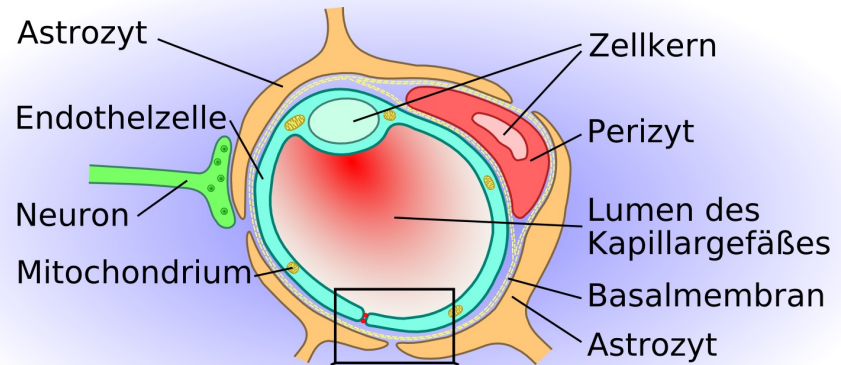
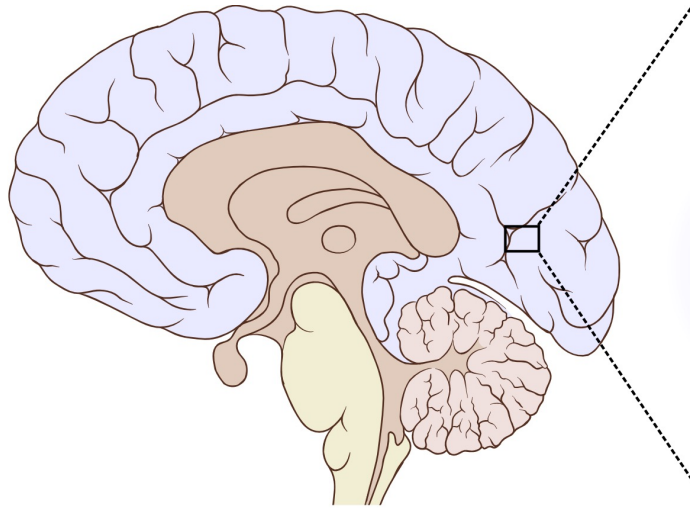
- In gesundem Hirngewebe lag die durchschnittliche Konzentration von MNP bei 50,3 µg/g Hirngewebe
- In den Hirnhäuten gesunder Personen wurden 60,9 µg/g gemessen
- Eine besonders hohe Belastung zeigte sich im peritumoralen Gewebe, etwa bei Gliomen, mit durchschnittlich 129,4 µg/g
- Im eigentlichen Tumorgewebe wurden jedoch signifikant niedrigere Werte festgestellt

Li R et al. Nature Health (online) 20. April 2026

Warum sind im Gehirn die höchsten MPN-Konzentrationen bei Demenz?

- Mögliche Störung der Blut-Hirn-Schranke
- MPN triggert Entzündungsreaktion
- MPN fördert Neurodegeneration

Blut-Hirn-Schranke



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6067063>

Zusammenfassung (I)

Mögliche Gesundheitsschäden durch Mikroplastik/Nanoplastik

- Allergien
- Übergewicht
- Krebs
- Herzkrankheiten
- Unfruchtbarkeit
- Diabetes mellitus
- Darmerkrankungen
- Nierenerkrankungen
- Lebererkrankungen
- Lungenerkrankungen
- Eingeschränkte Organentwicklung bei Ungeborenen
- Gehirnerkrankungen z.B. Schlaganfall, Demenz, Alzheimer
- Hohes gesundheitliches Risiko für Neugeborene/Kinder

Zusammenfassung (II)

Mögliche Gesundheitsschäden durch mikroplastische Fasern

Direkte Effekte :

- Entzündungen der Atemwege
- Interstitielle Lungenerkrankungen (Lungenfibrosen)
- Exogen-allergische Alveolitis
- Lungenkrebs bei Ratten

Vehikelfunktion für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):

- Entzündung der Atemwege, Haut, Augen, Verdauungstrakt
- Krebs von Lunge, Kehlkopf, Haut, Magen, Darm, Harnblase
- Schädigung des Embryos
- Eingeschränkte Fortpflanzungsfähigkeit

(Gasperi et al. Microplastic in air: Are we breathing it in? Current Opinion in Environm Sci and Health 2018, 1: 1-5)



Wertschätzen statt Wegwerfen!

Maßnahmen zur Abfallvermeidung:



Verbot von Wegwerf-Produkten aus Plastik
(z.B. Trinkhalme, Einweg-Geschirr)



Ausweitung der Pfandpflicht **auf alle Dosen und Plastikflaschen**



Höhere, **verbindliche Recycling-Quoten**
für Plastikverpackungen



Verpflichtende Mehrweg-Angebote
im To-Go-Bereich



Bessere Kennzeichnung von Einweg-
und Mehrwegflaschen



Bessere Reparatur- und Rückgabe-
Möglichkeiten **von Elektrogeräten**



Verbot von Plastiktüten **in Geschäften**

Repair-Café



Von HellasX - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45007385>



Exportverbot für Plastikabfälle:

Plastik, das schlecht recycelbar
ist, darf künftig nicht mehr frei
gehandelt und aus der EU in
andere Länder exportiert werden.



Warum wir die Plastiktüte verbieten



1,6 Milliarden

Plastiktüten werden in
Deutschland pro Jahr
verbraucht...

...das sind mehr als
3.000 Stück
pro Minute.

Aneinander gereiht
würden die Tüten

20-mal

den Äquator
umrunden!



Im Durchschnitt wird
eine Plastiktüte nicht länger als
20 Minuten genutzt...



...es dauert aber
viele Jahrzehnte
bis sie sich abbaut, wenn sie
einmal in die Umwelt gelangt.

Strategien zur Reduktion von MNP (I)

- **Leitungswasser statt Plastik-Flaschenwasser**
kann MNP-Belastung von 90.000 auf 4.000 Partikel pro Jahr reduzieren
- **Wenig verarbeitete Lebensmittel**
z. B. Chicken Nuggets enthalten 30-mal mehr MNP/gr als Hähnchenbrust
- **Vermeidung von Plastik-Teebeutel**
1 Teebeutel, 95°C erhitzt, kann 11,6 Milliarden von Mikro- und 3,1 Milliarden Nano-Partikel freisetzen
- **Keine Plastikbehälter für Lebensmittel**
Erhitzen von 3 Min kann bis zu 2,11 Milliarden MNP/cm² freisetzen
- **Weniger Konserven**
1.000 %iger Anstieg der Bisphenol A-Werte (BPA) im Urin nach 5 Tagen täglicher Dosennahrung
- **HEPA-Filter** können bis zu 99,9% der Luftpartikel bis zu 0,3 µm ø abhalten

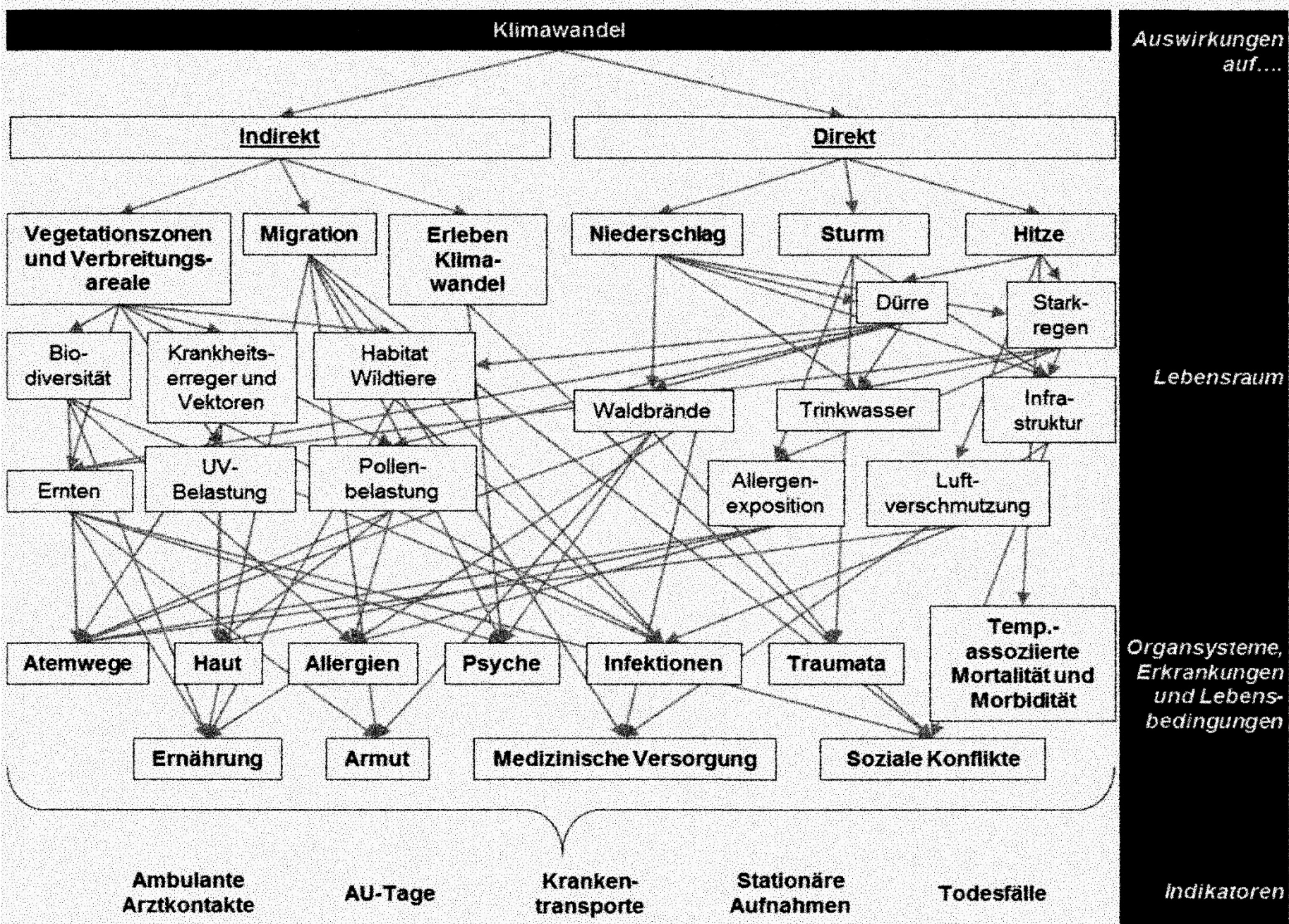
(Fabiano N et al. Brain Medicine 2025. <https://doi.org/10.61373/bm025c.0020>)

Strategien zur Reduktion von MNP (II)

- Mikrowellen-Erwärmung von Speisen in Plastikgefäßen produziert MNP von 4,22 Millionen bis 2,11 Milliarden MNP-Partikel/cm² in 3 Minuten. Empfohlen werden Metall oder Glasbehälter
- Lagerung bei Zimmertemperatur oder im Kühlschrank führt zur Freisetzung von toxischen Plastiksubstanzen, die im Experiment 77% von humanen Nierenzellen zerstörten
- Es gibt zurzeit keine Studie, die zeigen konnte, wie der Mensch MPN wieder abgibt. Allerdings gibt es Hinweise, dass durch Schwitzen Bisphenol A (BPA) ausgeschieden wird
- Da es keine Abhängigkeit von MNP und Alter gibt, wird angenommen, dass der Körper MNP über Urin, Stuhlgang und Schwitzen ausscheidet
- Bei Fischen wurde nachgewiesen, dass nach etwa 70 Tagen 75 % von Gehirn-MPN ausgeschieden wurden

(Fabiano N et al. Brain Medicine 2025. <https://doi.org/10.61373/bm025c.0020>)

Sachverständigenrat, Gutachten 2023, Resilienz im Gesundheitswesen



Hans Schweisfurth

KLIMAWANDEL UND KRANKHEIT

*Pulmologisches Forschungsinstitut
- Institute for Pulmonary Research
(IPR) -
Direktor: Prof. Dr. Hans Schweisfurth*



E-Mail: pulfin@t-online.de

<http://www.hans-schweisfurth.de/33201.html>

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit**