



„THINK CBRN 2026“

Militärwissenschaftliches Symposium ABC-Abwehr

„40 Jahre Tschernobyl“



Erfahrungen und Lehren für Österreich

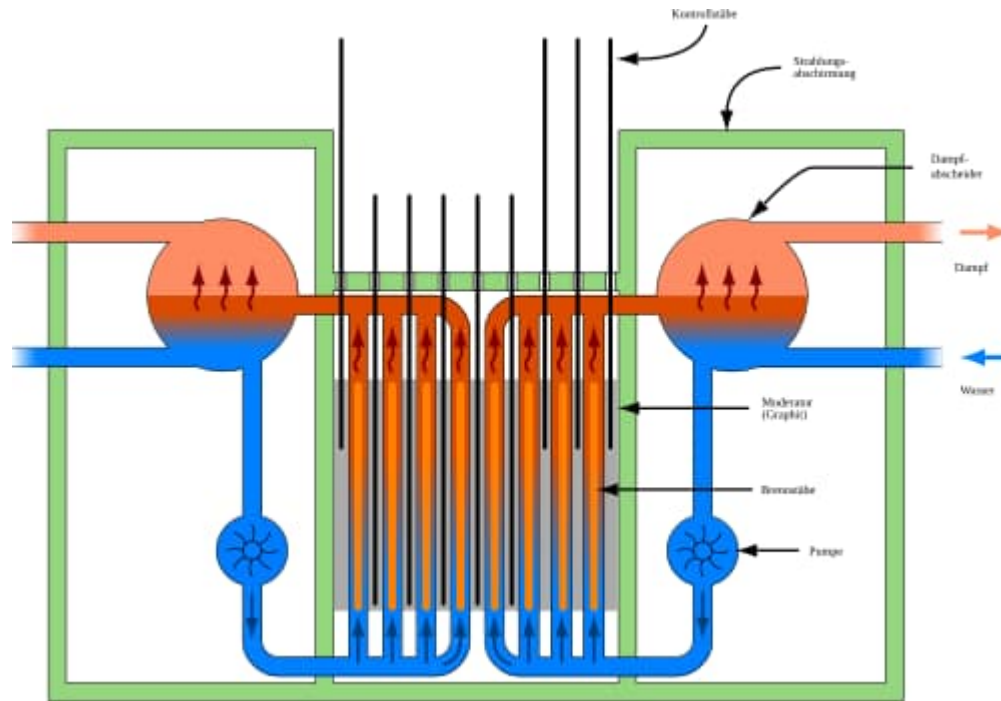
Franz Josef Maringer



- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- Die Situation in Österreich
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- Erfahrungen und Lehren

Der Kernreaktor Tschernobyl Block 4

RBMK (**russisch** Реактор Большой Мощности Канальный, **transkribiert** Reaktor Bolschoi Moschtschnosti Kanalny, zu Deutsch etwa *Hochleistungs-Reaktor mit Kanälen*): **graphitmoderierter** wassergekühlter **Siedewasser-Druckröhrenreaktor** sowjetischer Bauart mit 1000 MW elektr., 3200 MW thermisch, Block 4 – Baustart April 1979 → Inbetriebnahme März 1984



<https://de.wikipedia.org/wiki/RBMK>



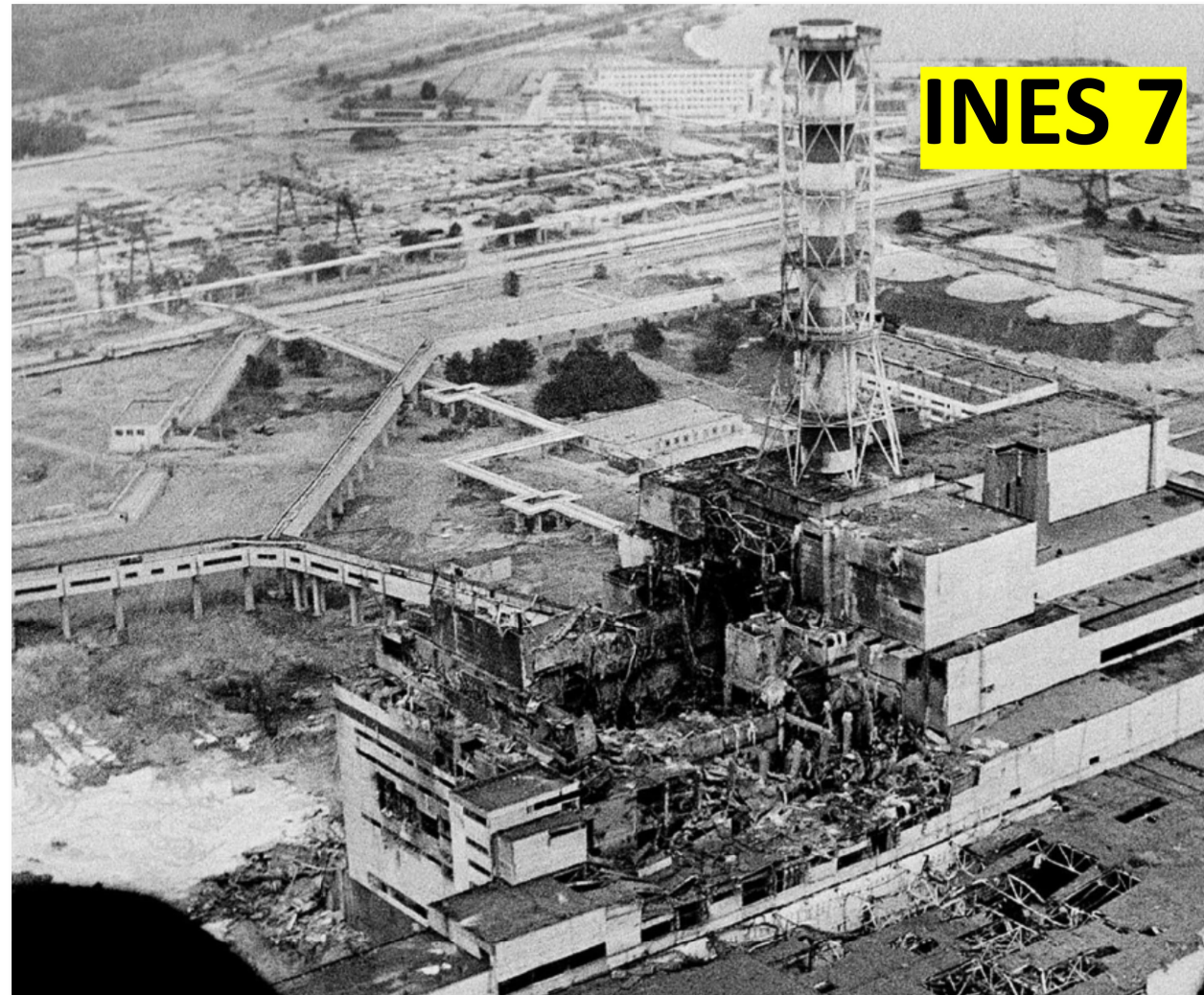
Der Reaktorunfall Tschernobyl Block 4

26. April 1986, 01:23

- Sicherheitstest → Leistungsexkursion
> 100-fache Nennleistung
- Explosion des Reaktorbehälters
& 10 Tage Brand ≈250 t Graphit

Hauptursachen des Unfalls:

1. **Gravierende Mängel der reaktor-physikalischen Konzeption und der Notabschalteneinrichtungen**
2. **Ein politisches und organisatorisches System, das die bekannten Mängel nicht beseitigt hat**
3. Ein sicherheitstechnisch mangelhaftes Sicherheitstest-Programm
4. Mit der Betriebsführung überfordertes Reaktorpersonal



https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Tschernobyl

- Reaktortyp und Unfall
- **Ausbreitung und Kontamination**
- Die Situation in Österreich
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- Erfahrungen und Lehren



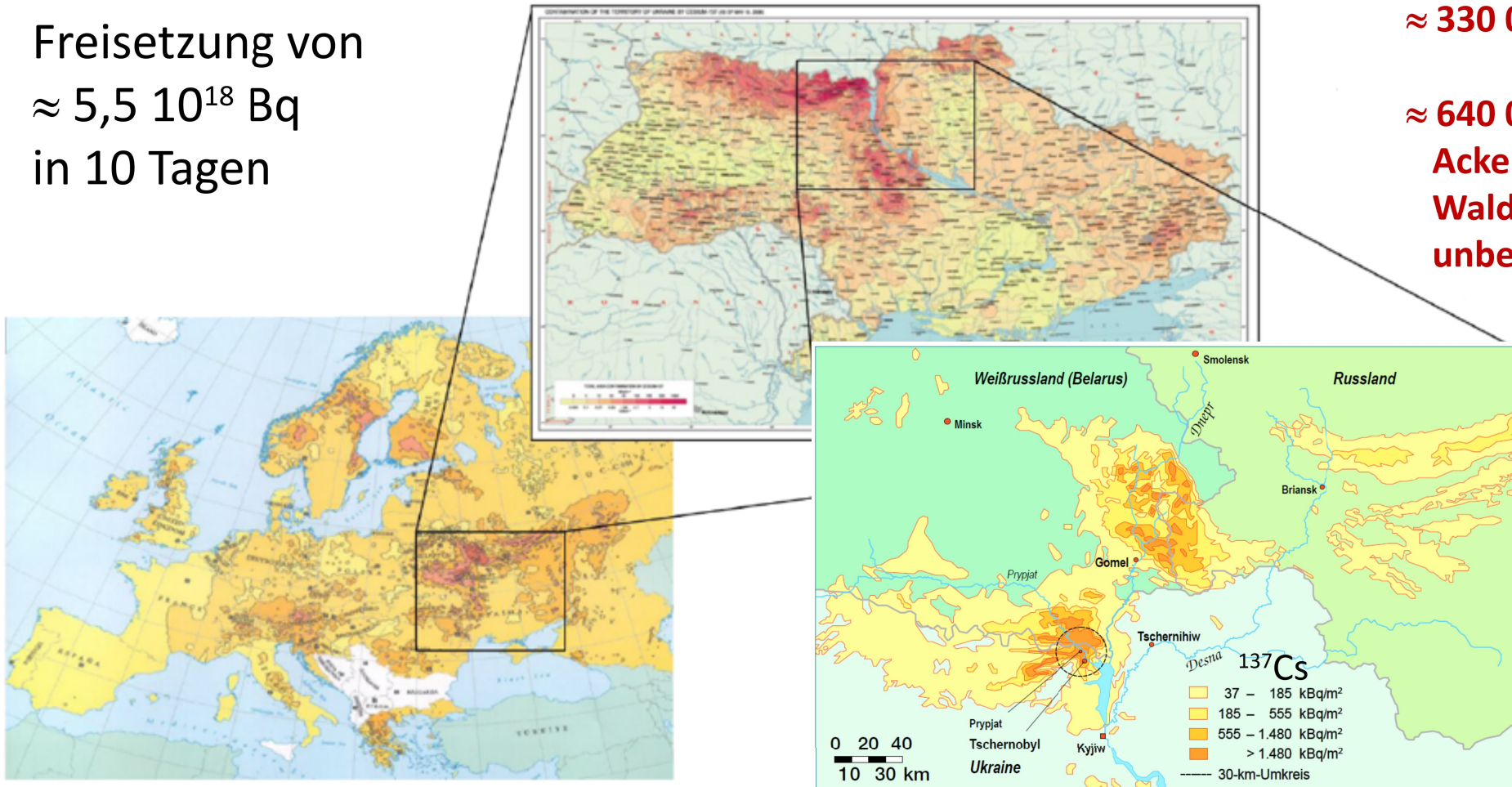
Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, 2016

Radioaktive Umweltkontamination nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl

Freisetzung von
 $\approx 5,5 \cdot 10^{18}$ Bq
in 10 Tagen

≈ 900 Siedlungen ge-
 $\approx 330\,000$ Personen

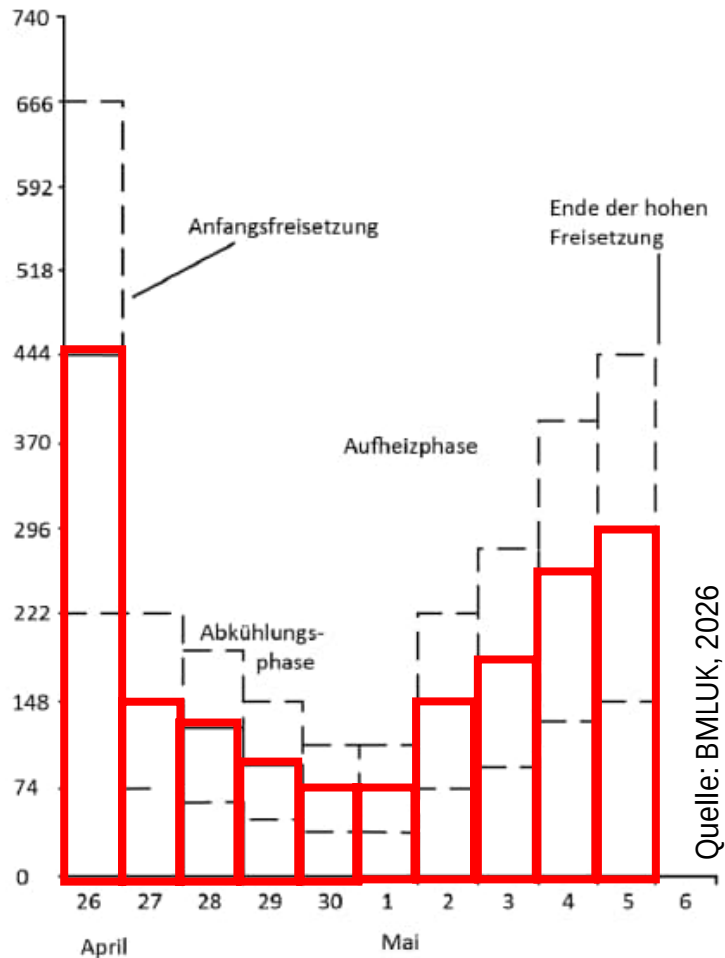
$\approx 640\,000$ ha (6400 km²)
Ackerland und
Wald unbewohnbar
unbewirtschaftbar



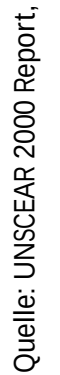
Quelle: BMUKN (BRD), 2026

Freigesetzte Radionuklide & Aktivität ($\approx 4\%$ des Inventars)

PBq (= 10^{15} Bq)

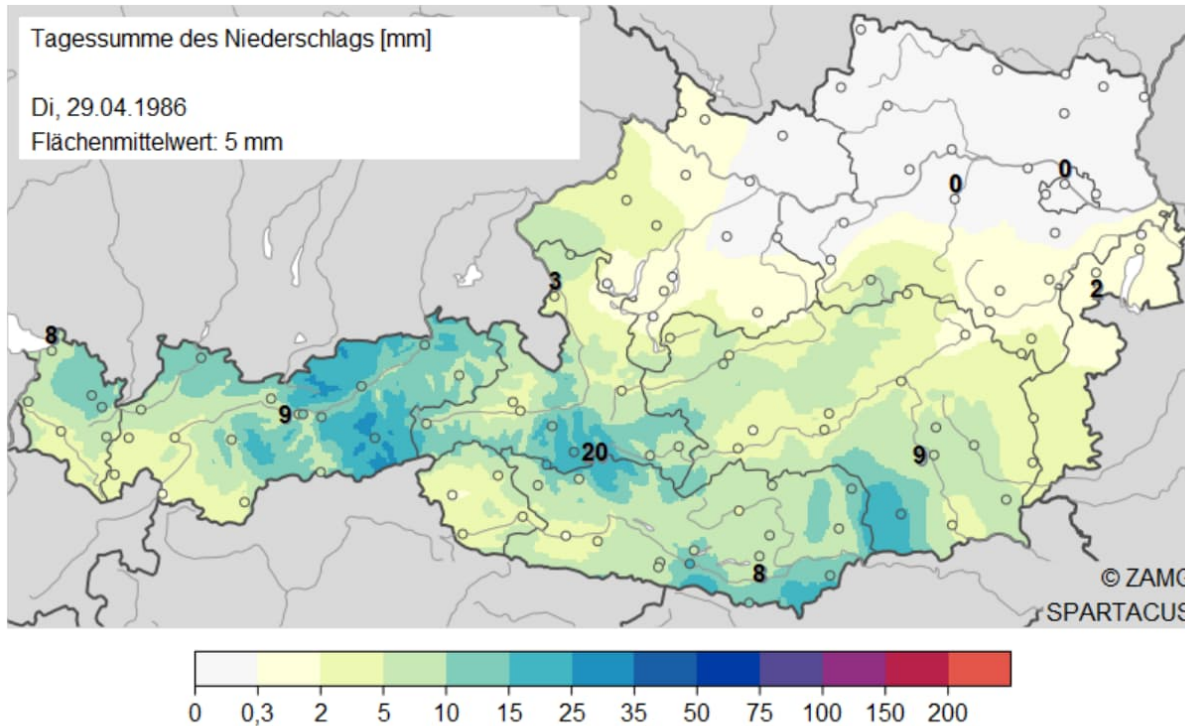


Radionuklid	Halbwertszeit	Aktivität [PBq]	Anmerkung
Krypton-89	10,72 Jahre	33	Edelgas
Xenon-133	5,25 Tage	6500	Edelgas
Tellur-129m	33,6 Tage	240	flüchtiges Element
Tellur-132	3,26 Tage	1150	flüchtiges Element
Iod-131	8,04 Tage	1760	flüchtiges Element
Iod-133	20,8 Stunden	910	flüchtiges Element
Cäsium-134	2,06 Jahre	47	flüchtiges Element
Cäsium-136	13,1 Tage	36	flüchtiges Element
Cäsium-137	30,0 Jahre	85	flüchtiges Element
Strontium-90	29,1 Jahre	10	mittelflüchtiges Element
Plutonium-239	24065 Jahre	0,013	hitzebeständiges
Plutonium-240	6537 Jahre	0,018	hitzebeständiges
u.a.			

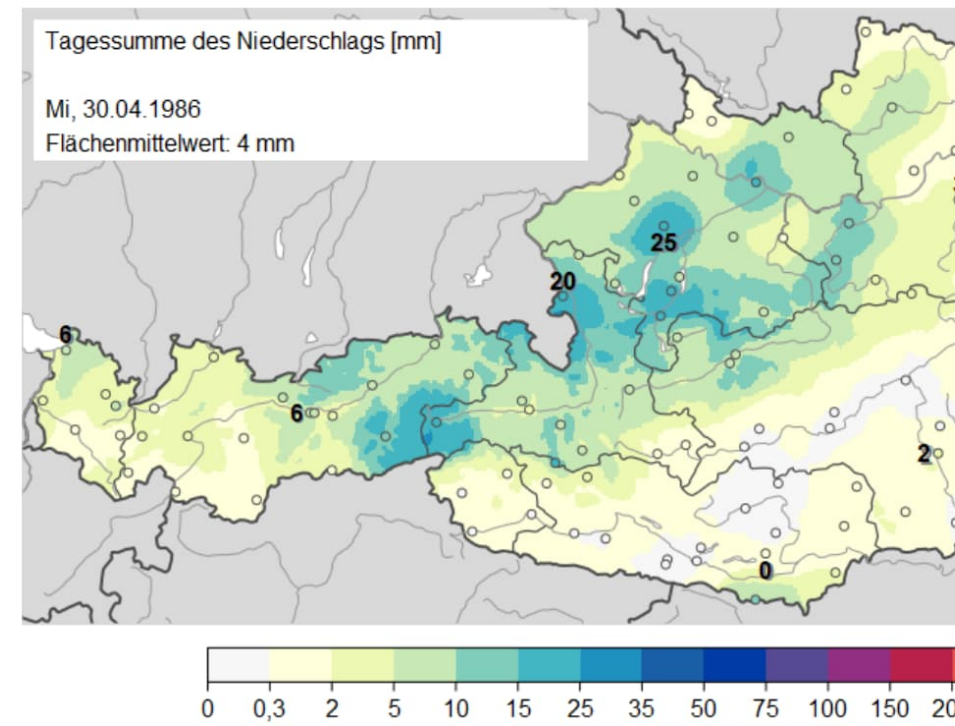


- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- **Die Situation in Österreich**
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- Erfahrungen und Lehren

40 Jahre Atom-Katastrophe von Tschernobyl



Tagessumme des Niederschlags [mm] vom 29. April 1986 für Österreich. © GeoSphere Austria.

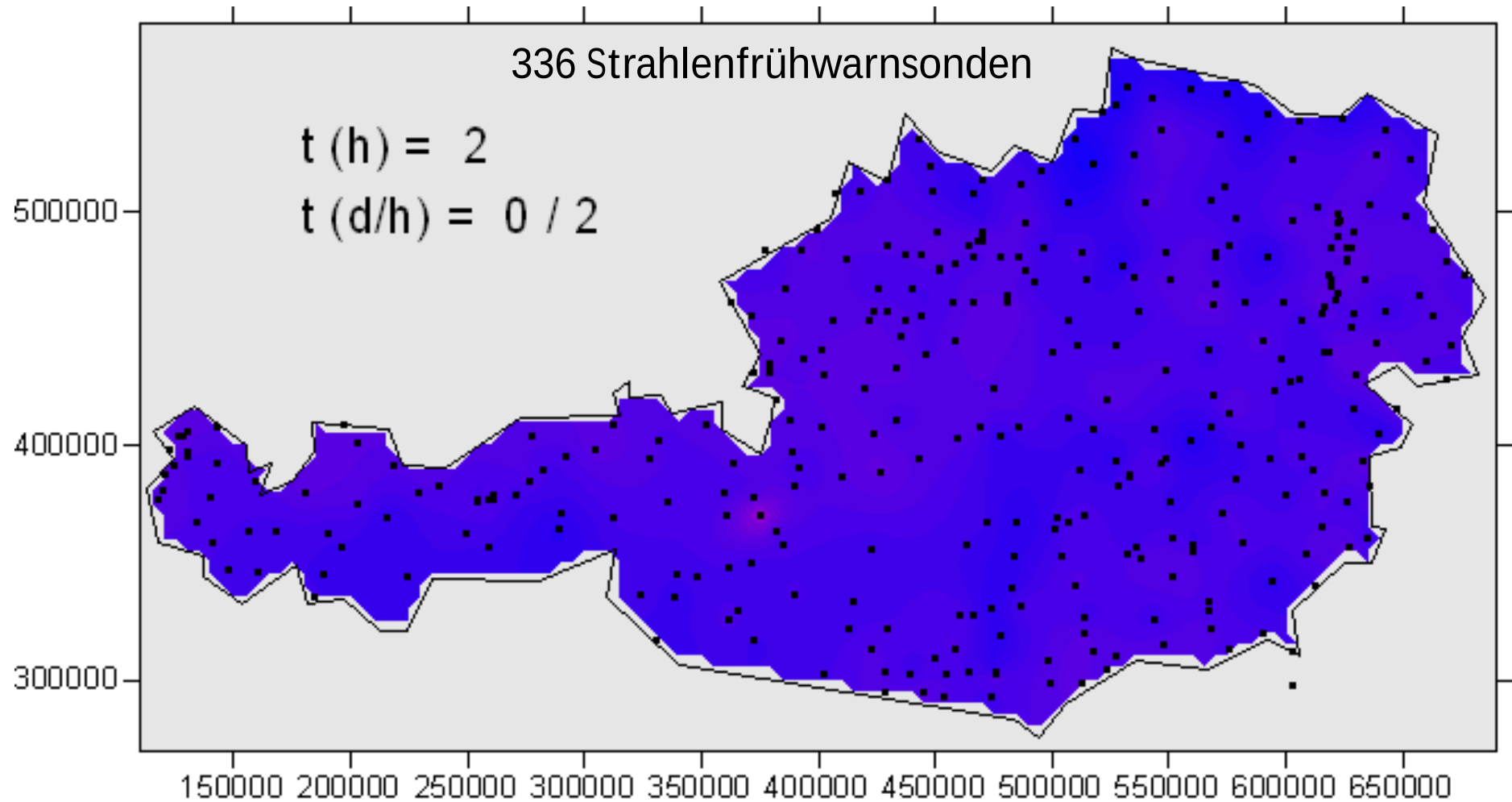


Tagessumme des Niederschlags [mm] vom 30. April 1986 für Österreich. © GeoSphere Austria.

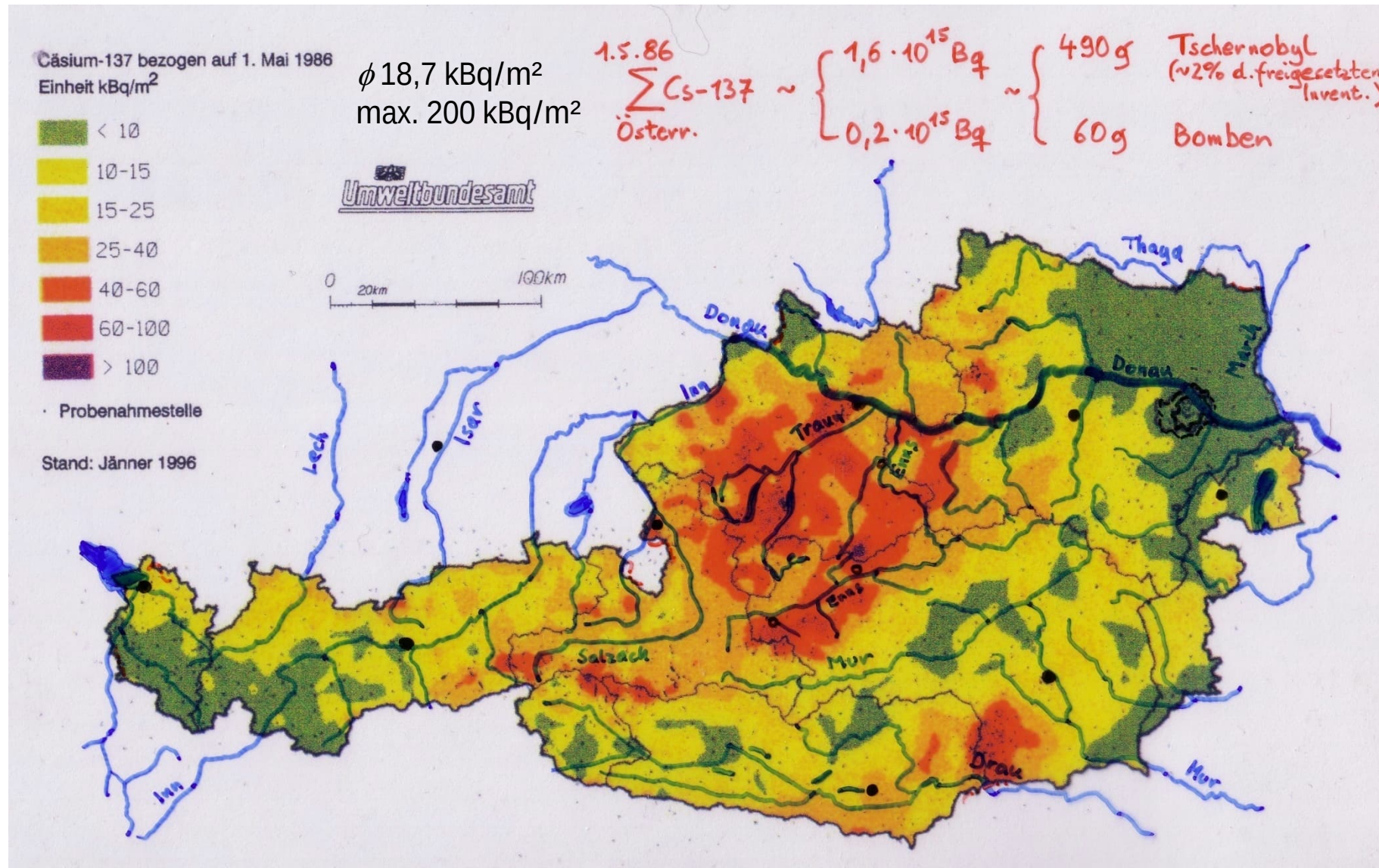
(Quelle: sphere.at/de/aktuelles/news/40-jahre-atom-katastrophe-von-tschernobyl)

Photonenäquivalentdosisleistung H_x (nSv/h) in Österreich nach Tschernobyl, $t(0)=28.4.1986$ 00:00

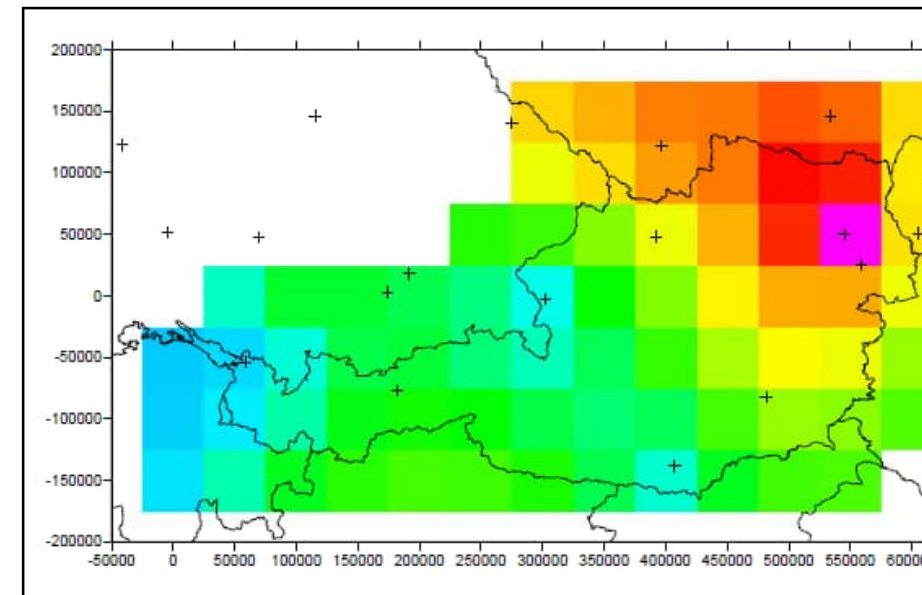
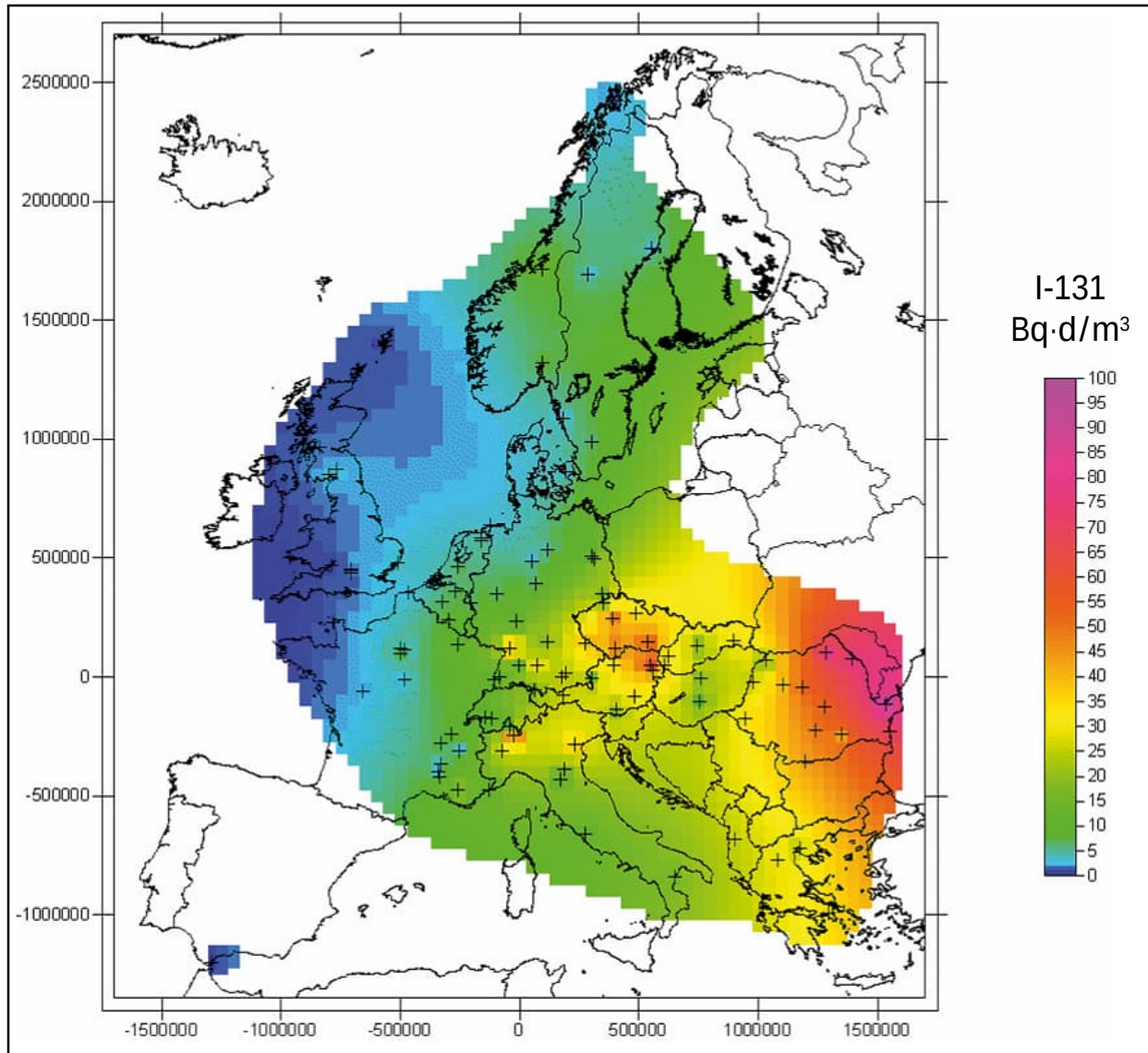
[Peter Bossew 2006, Daten: BMLFUW / Strahlenschutz]



¹³⁷Cs-Bodenkontamination in Österreich nach Tschernobyl (Bezug: 1.5.1986) [UBA 1996]



I-131 Aktivitätsexposition ($\text{Bq}\cdot\text{d}/\text{m}^3$) in Luft, Mai 1986



- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- Die Situation in Österreich
- **Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich**
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- Erfahrungen und Lehren

Strahlenschutz-Maßnahmen in Österreich 1986 Mai, Juni, ... zur Dosisreduktion / zum Schutz der Bevölkerung

- Verkaufsverbot bis 22. Mai für Grüngemüse (Salat, Spinat, ...), danach Cs-137 < 111 Bq/kg → **hohe Dosisreduktion**
- Verbot der Grünfütterung bei Milchkühen (bis 7. Mai 1986) → **hohe Dosisreduktion, insbes. f. Kleintiere**
- Auswahl von Frischmilch für Konsum und Weiterverarbeitung → **sehr hohe Dosisreduktion, insbes. f. Kleintiere**
- Verkaufsverbot von Schaf- und Ziegenmilch
- Verbot des Genusses von Zisternenwasser
- Verbot des Wildabschlusses
- Fütterungspläne (Ersatzfuttermittel, Verdünnung mit unkontaminiertem Futter, Endmast mit niedrig kontaminiertem Futter → **hohe Dosisreduktion**)
- Futter, Futterzusatzstoffe zu Verminderung der Cäsium-Resorption)
- Molkefütterungsverbot in der Schweinemast
- Verbot der Klärschlammausbringung (Mai bis Juli 1986), danach Grenzwert 370 Bq/kg_{TM}
→ **faktisch keine Dosisreduktion**
- Importverbote für Nahrungsmittel (Milch, Fleisch, Gemüse) aus stark kontaminierten Ländern (Italien, Türkei, Griechenland, ...)

Empfehlungen:

- Einschränkung des Aufenthalts im Freien während des Durchzugs der kontaminierten Luftmassen
- Vermeidung des Spielens von Kindern in Sandkästen → **faktisch keine Dosisreduktion**
- Reinigung von Straßenschuhen bei Betreten des Gebäudeinneren → **faktisch keine Dosisreduktion**

Strahlenschutz-Maßnahmen in Österreich 1986

Umfassende Beprobung und Messung von Milchproben zur Freigabe, 2. Mai bis 30. Juni 1986:

- Täglich ~700 Milchproben aus ganz Österreich via Hubschrauber ÖBH und BMI → FZ Seibersdorf
- Grenzwert I-131: 370 Bq/kg und Empfehlung 185 Bq/kg (Ausnahme Alm-Milch)
- Hohe Dosisreduktion für Kleinkinder

Empfehlung:

Kein Trinkwasser-Konsum aus

- Regenwasser
- Oberflächenwasser
- Zisternenwasser
- Schmelzwasser

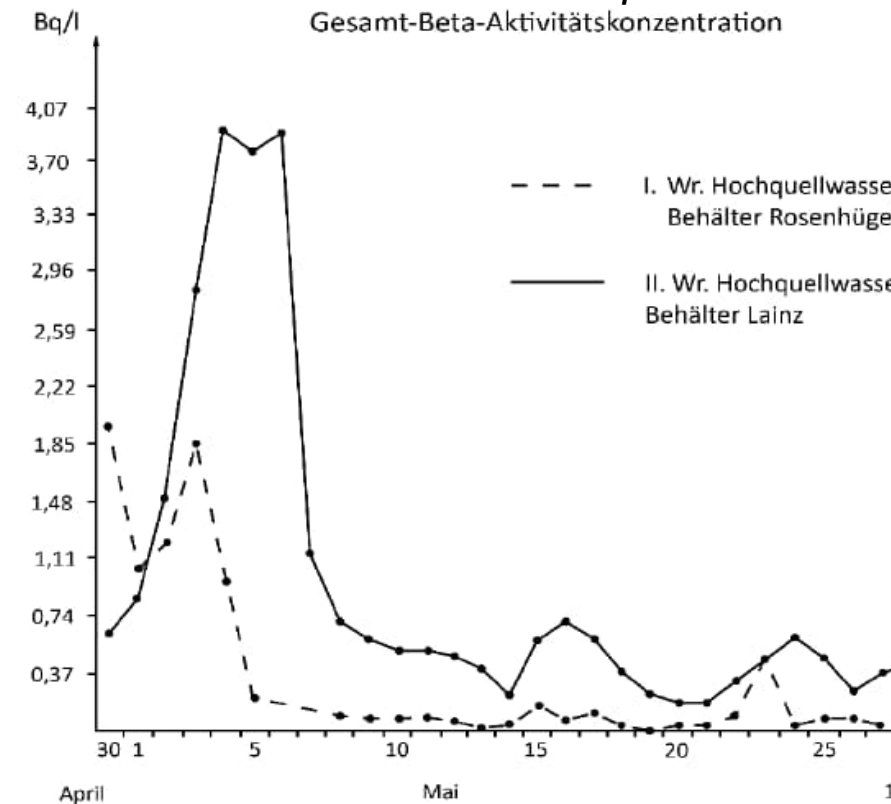
Lebensmittelgrenzwerte

z.B. Schweinefleisch Cs-134 + Cs-137: 185 Bq/kg
 Rindfleisch / Kalbfl. / Wild: Cs-134 + Cs-137: 592 Bq/kg
 Obst, Obstprodukte Cs-137: 111 Bq/kg
 Frischkäse: 185 Bq/kg

.....

Trinkwasser – Bsp. Wien

Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration



- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- Die Situation in Österreich
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- **Internationale Bewertungen der Unfallfolgen**
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- Erfahrungen und Lehren

2005



TORCH-2006



„The Other Report on Chernobyl“

Tschernobyl Forum 2003–2005: Ergebnisse

Zweite überarbeitete Ausgabe

- Mehr als 4000 registrierte Schilddrüsenkrebsfälle durch Tschernobyl (bis 2002) bei Kindern und der besonders stark betroffenen Bevölkerung in Belarus, Russland und Ukraine
- Keine klaren Zuwächse von anderen Krebserkrankungen oder Leukämie bei der besonders stark betroffenen Bevölkerung (Liquidatoren, Evakuierten und Bewohnern so genannter „Streng kontrollierter Zonen“)
- Psychische Erkrankungen durch schlechte Informationspolitik und sozialen Zusammenbruch
- Bis dato (2005) - keine verlässliche Anzahl der tödlichen Krebserkrankungen erhebbar → internationale Expertengruppe – vermutlich einige Tausend Krebsfälle zusätzlich durch Tschernobyl bei der am meisten strahlenexponierten Bevölkerung (Liquidatoren, Evakuierte und Bewohnern so genannter „Streng kontrollierter Zonen“)

Executive Summary

- 5 million people in Belarus, Ukraine and Russia still live in highly contaminated areas
- 400 million people in less contaminated areas
- 37 % of Chernobyl's fallout deposited on western Europe, 42 % of western Europe contaminated
- 40,000 fatal cancers predicted
- 6,000 thyroid cancer cases to date (2016), 16,000 more expected
- increased radiogenic thyroid cancers now seen in Austria
- increased radiogenic leukemia, cardiovascular disease, breast cancers confirmed
- new evidence of radiogenic birth defects, mental health effects and diabetes
- new evidence that children in contaminated areas suffer radiogenic illnesses

<https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/IARCBriefingChernobyl.pdf>



INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER
WORLD HEALTH ORGANIZATION



TORCH-2016

BRIEFING DOCUMENT

The Cancer Burden from Chernobyl in Europe¹

Investigators: Cardis E^a, Krewski D^b, Boniol M^a, Drozdovitch V^a, Darby SC^c, Gilbert ES^d, Akiba S^e, Benichou J^f, Ferlay J^g, Gandini S^g, Hill C^h, Howe Gⁱ, Kesminiene A^a, Moser M^j, Sanchez M^a, Storm H^k, Voisin L^a & Boyle P^a

Die Studie umfasste

- eine Aktualisierung der Dosisverteilung in Europa unter Verwendung neuer dosimetrischer Modelle und radiologischer Daten;
- eine umfassende Untersuchung der Trends bei Krebsinzidenz und -sterblichkeit in Europa im Zeitverlauf und nach Strahlendosisniveau;
- die Schätzung der Anzahl der Krebsfälle, die möglicherweise auf die Strahlenbelastung zurückzuführen sind, sowohl bis heute als auch in den 80 Jahren nach dem Unfall (bis 2065), unter Anwendung modernster Risikomodelle (des BEIR VII Committee 3 der US-amerikanischen National Academy of Sciences), die auf Studien anderer strahlenbelasteter Bevölkerungsgruppen basieren.

Schlussfolgerungen der Studie

- Mit Ausnahme von Schilddrüsenkrebs, in den am stärksten kontaminierten Regionen, lassen die Trends bei der Krebssterblichkeit in Europa insgesamt derzeit keinen Anstieg der Krebsraten erkennen, der eindeutig auf die Strahlung im Zusammenhang mit dem Unfall von Tschernobyl zurückgeführt werden könnte.
- Die Schätzung der Krebsbelastung durch Tschernobyl muss auf Risikoprognosemodelle stützen, die auf der Grundlage von Studien an anderen, unter anderen Umständen strahlenbelasteten Bevölkerungsgruppen entwickelt wurden.
- Diese Modelle sagen voraus, dass bis zum Jahr 2065 auf die Strahlung aus dem Unfall mit etwa ≈16.000 Fällen von Schilddrüsenkrebs und etwa ≈25.000 Fällen anderer Krebserkrankungen gerechnet werden kann.
- Etwa zwei Drittel der Schilddrüsenkrebsfälle und mindestens ein Drittel der anderen Krebserkrankungen werden voraussichtlich in Ukraine und den am stärksten kontaminierten Gebieten der Russischen Föderation auftreten.

Prognostizierte Krebstodesfälle bis 2065 (WHO, 2018)

TABLE – Summary of populations, average doses and predicted number of cancer deaths: comparison of results of current study with those of published previously

Population	Approximate size of population	Mean cumulative whole body dose (mSv)	Predicted numbers of cancer deaths	Predicted % of cancer deaths due to radiation in the population	Reference
Chernobyl liquidators, evacuees and residents of strict control zones	600,000	66	4,000	3.5%	Cardis et al, 1996 ² ; cited in UN Chernobyl Forum, 2006 ^{6,7}
Chernobyl liquidators, evacuees and residents of strict control zones and persons living in "contaminated areas"*	~6,000,000	14	9,000	0.9%	Cardis et al, 1996 ² ; cited in UN Chernobyl Forum, 2006 ^{6,7}
Europe**	~570,000,000	0.5	16,000	0.01%	Cardis et al 2006 – this paper ¹

*Deposition density of ¹³⁷Cs >37 kBq/m²

The uncertainty associated with these predictions is large! e.g. for the number of cancer deaths in Europe, the 95% confidence uncertainty interval ranges from 6,700 to 38,000.

* Deposition density of ¹³⁷Cs >37 kBq/m²

** Albania, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Macedonia, Malta, Moldova, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, the Russian Federation, Serbia and Montenegro, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Ukraine and the United Kingdom.

- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- Die Situation in Österreich
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- **Gesundheitliche Folgen in Österreich**
- Erfahrungen und Lehren

Studie „Gesundheitliche Folgen 40 Jahre nach Tschernobyl in Oberösterreich“

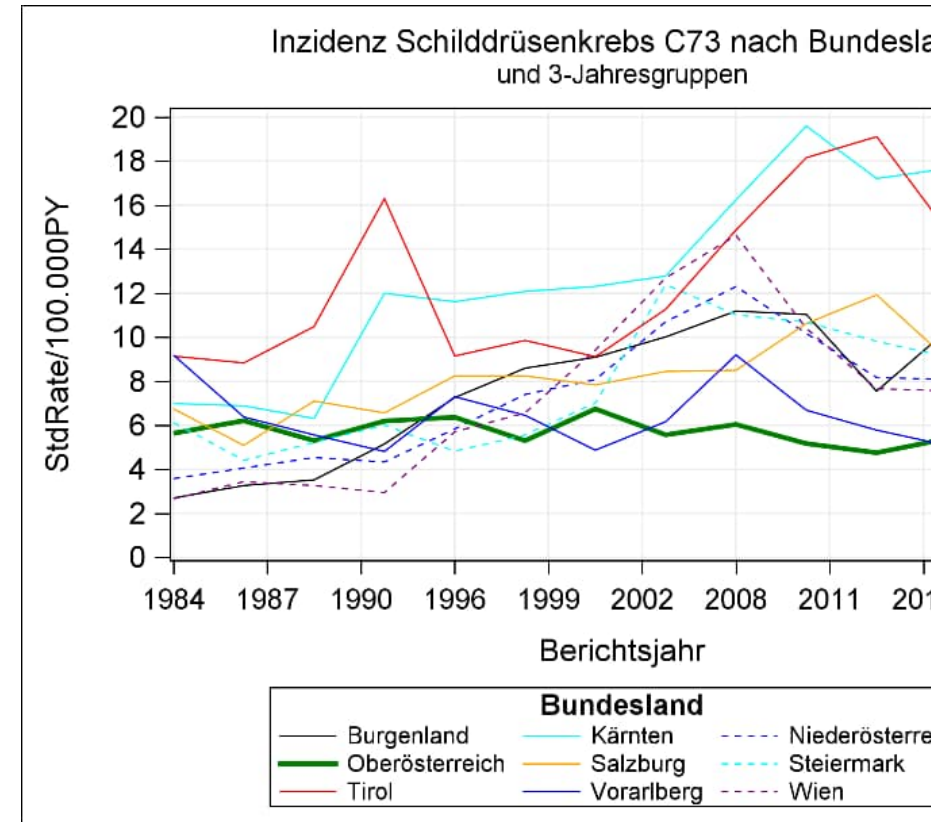
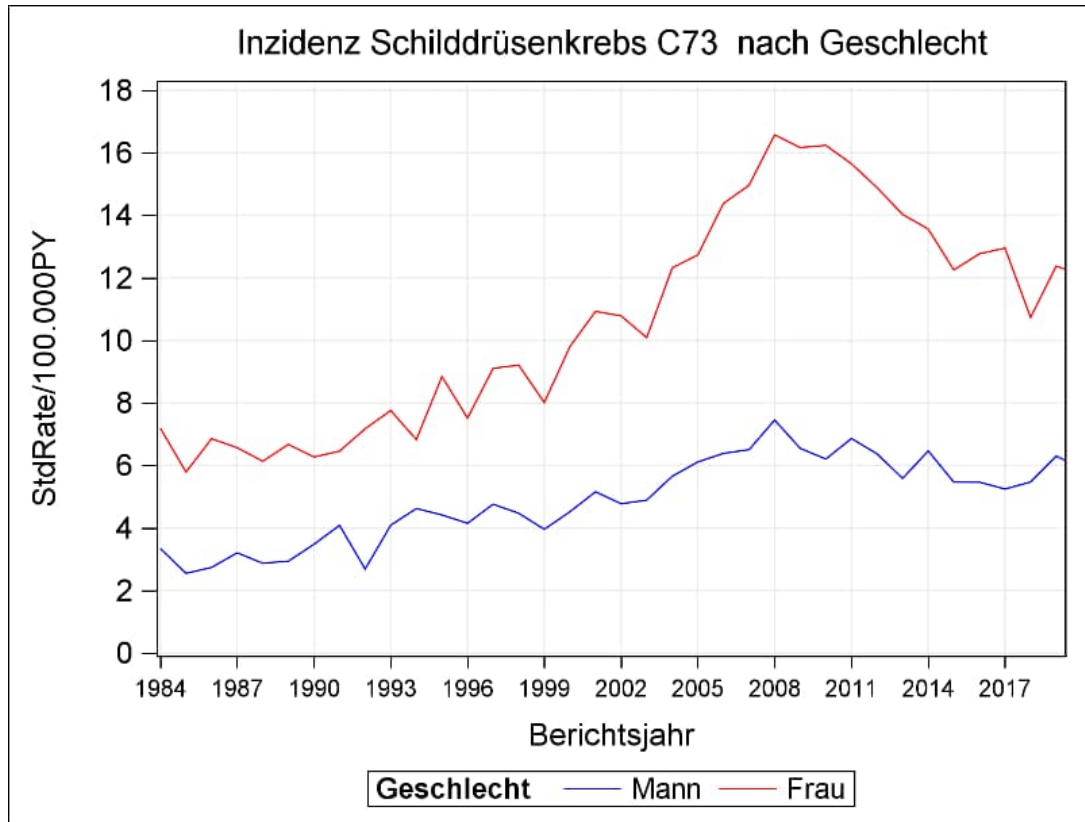
(Maringer FJ, Bauer M, Waldhör T, 2026)

Untersuchte medizinische Endpunkte:

- Leukämie (C91-C95)
- Schilddrüsenkrebs (C73)
- Strahlungssensitive Organe (als Gruppe):
*Brustkrebs (C50), Dickdarmkrebs (C18),
Leukämie (C91 – C95), Leberkrebs (C22), Lungenkrebs
(C34), Eierstockkrebs (C56), Prostatakrebs (C61),
Magenkrebs (C16), Schilddrüsenkrebs (C73), Blasenkrebs
(C67), Gebärmutterkrebs (C54, C55)*
- Totgeburten
- Säuglingssterblichkeit
- Anteil Frühgeburten

Krebsinzidenz in Österreich 1984 bis 2020

(Maringer FJ, Bauer M, Waldhör T, 2026)

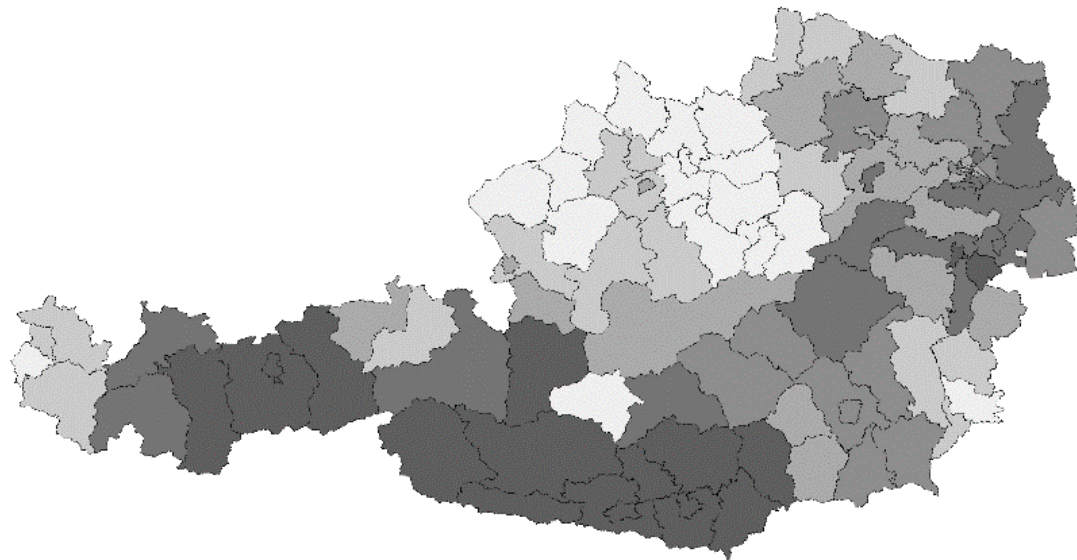


Datenquelle: Österreichisches Nationales Krebsregister, 2026

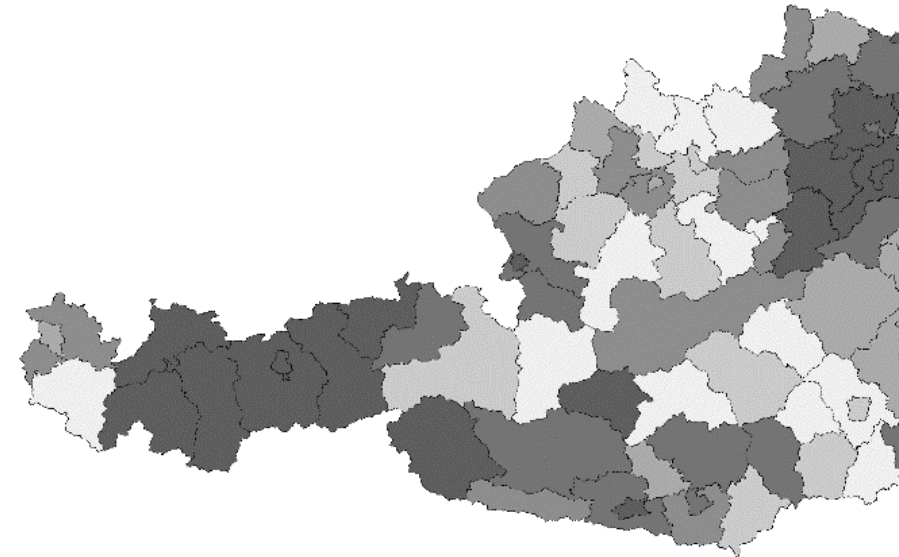
Krebsinzidenz in Österreich 2002 bis 2020

(Maringer FJ, Bauer M, Waldhör T, 2026)

Inzidenz Schilddrüsenkrebs C73 nach Bezirk 2002–2020



Inzidenz Leukämie C91–C95 nach Bezirk 2002–2020



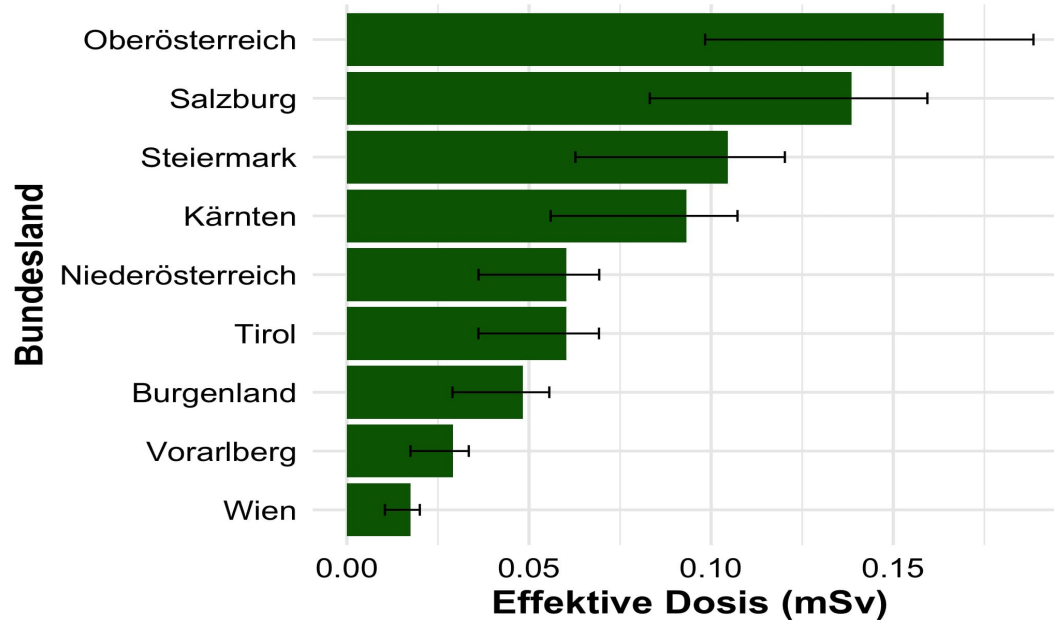
Ergebnis: Die Auswertung der betrachteten medizinischen Endpunkte liefern keinen statistisch belastbaren Hinweis auf einen ursächlichen Zusammenhang mit der Exposition durch Tschernobyl.

Methode:

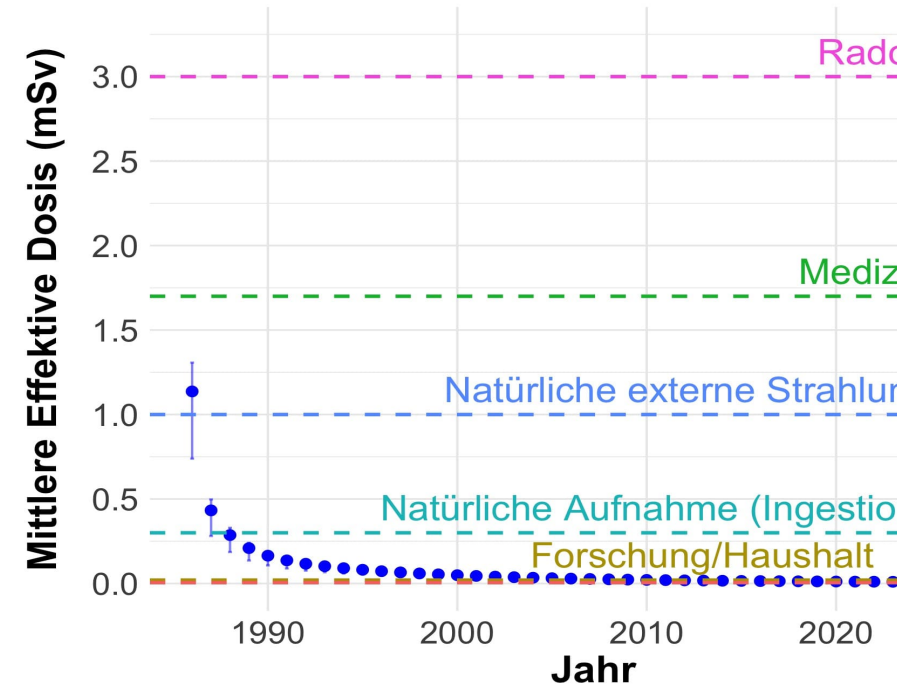
1. **Cs-137-Bodenkontamination, I-131-Exposition, Bevölkerungsdaten, radioökologische Modellierung**
2. **Radiogenic Cancer Risk Models** and Projections for the U.S. Population. EPA 402-R-11-001. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2011.
3. BEIR VII – Phase 2. Committee to Assess **Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation**. National Research Council. The National Academic Press, Washington. 2006.
4. **ICRP Publication 103**. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. Ann. ICRP 37.2–4

Vorsicht bei der Interpretation der hypothetisch modellierten Ergebnis-Zahlen:

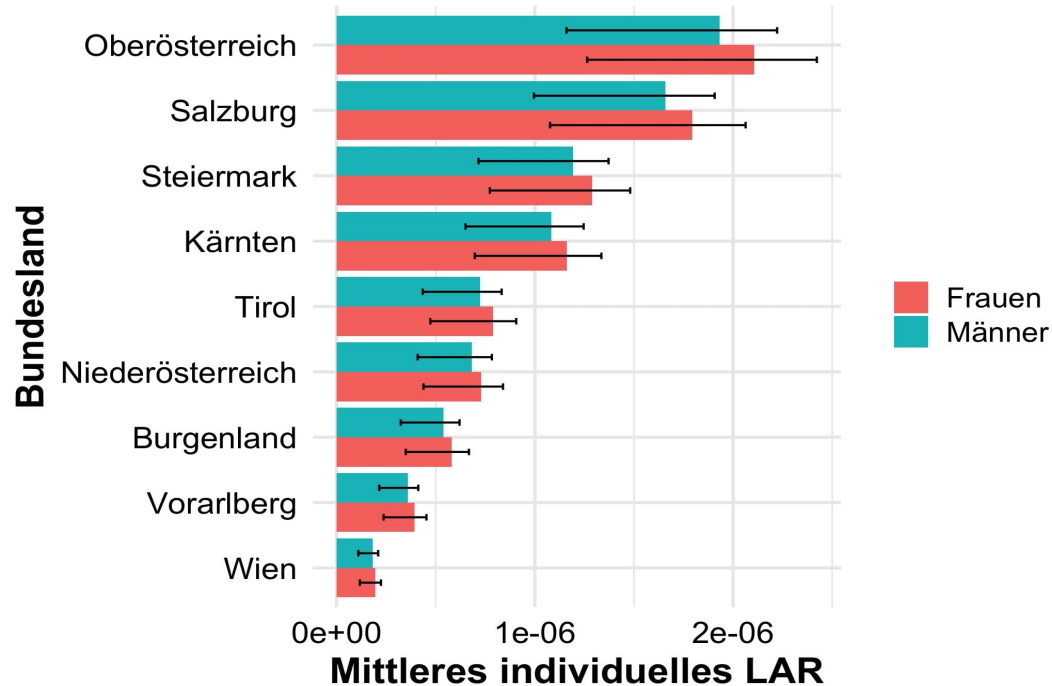
- Große methodisch bedingte und unvermeidbare Unsicherheiten – mangelnde Daten, radioökologisches Transfermodell, Bevölkerungsbewegungen in 40 Jahren, LNT-Hypothese,
- **Reduktion der tatsächlichen Krebsfälle durch die getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, Vorsorge für die Bevölkerung und ‚konkurrierende‘ Todesursachen (z.B. Unfall, Herzversagen, → Krebs kommt dann mehr zum Tragen)**



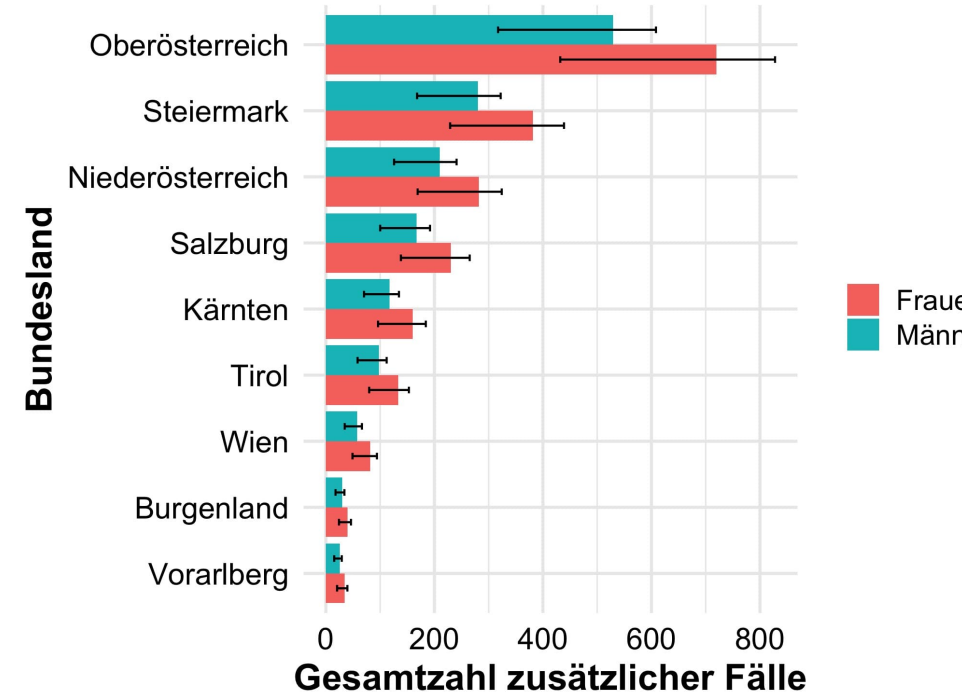
Hypothetisch geschätzte mittlere Effektive Jahresdosis, gemittelt über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren (1986 bis 2036)



Hypothetisch geschätzte zeitliche Entwicklung Effektiven Jahresdosis in Österreich der Tschernobyl bedingten Exposition sowie typische Beiträge von natürlichen und zivilisatorischer Strahlenquellen (Datenquelle: AGES, 2026)



Hypothetisch geschätzte Obergrenzen des individuellen lebenszeitbezogenen zurechenbaren Krebsrisikos in Österreich, 1986 bis 2036 (LAR – Lifetime Attributable Risk)



Hypothetisch geschätzte Obergrenzen der zurechenbaren potentiellen Krebsfälle in Österreich, 1986 bis 2036

- Reaktortyp und Unfall
- Ausbreitung und Kontamination
- Die Situation in Österreich
- Strahlenschutzmaßnahmen in Österreich
- Internationale Bewertungen der Unfallfolgen
- Gesundheitliche Folgen in Österreich
- **Erfahrungen und Lehren**

1. Das österr. **Strahlenfrühwarnsystem** hat sich bewährt – kurzfristiger Überblick über die Entwicklung der radiologischen Umweltsituation
2. Die Entwicklung der **radioökologischen Kontaminationslage** wurde Strahlenschutz-zweckdienlich erhoben
3. Die Koordination und das **Zusammenwirken der beteiligten Behörden, Institutionen und Einrichtungen** ausreichend gut funktioniert – Viehwirtschaft, Landwirtschaft, Milch, Lebensmittel, Trinkwasser,
4. Die **Besorgnis der Bevölkerung** hinsichtlich Radioaktivität und Strahlung war und bleibt groß → empathische Kommunikation ist notwendig / Emotionen / Ängste können nicht wegdiskutiert werden, aber es ist möglich konstruktive Lösungen für die Probleme zu finden.
5. Strahlenschutz **≠ Nuklearindustrie** + Nukleare Sicherheit
6. Das **Krebsrisiko** durch Strahlung ist eine, bei den Menschen (besonders in Österreich) tief-verwurzelte **Besorgnis** – Menschen suchen Antworten der Wissenschaft (die aber nicht immer / oft geglaubt werden)
7. **Unterschiedliche Wahrnehmung und Bewertung** der ‚Strahlengefahr‘ durch beruflich befasste Strahlenschützer:innen und der ‚Normalbürger:in‘ (und NGOs)

1. **Verbesserte Situationsanalyse**: Wetterlage & Ausbreitungsrechnung: ZAMG → GeoSphere Austria: TA & Nowcastingmodell INCA
2. **Weiterentwicklung des Strahlenfrühwarnsystems**: BMLUK (UBA)
3. **Österreichspezifische radioökologische Modellierung** zur Dosisabschätzung → **OECSYS+** Prognosemodell zur Abschätzung der Bevölkerungsdosis → Grundlage für Maßnahmen
4. **Restrukturierung der radioökologischen Umweltüberwachung**: BMLUK + BMASG → AGES, Bundesländer (Umwelt, Landwirtschaft, Lebensmittel, Trinkwasser,)
5. **Effizientes Einsatzmanagement & Probenahme**: Bund + Länder + Einsatzorganisationen, Übungen
6. Institutionalisierte **Zusammenarbeit im Strahlenschutz mit nuklearen Nachbarländern**
7. **Zeitnahe und umfassende Information der Bevölkerung**: Online-Kommunikation
z.B. <https://mb.strahlenschutz.gv.at/> , www.notfallschutz.gv.at (BMLUK)
8. Die größte Strahlenbelastung in Österreich ist natürliches **Radon-222 mit geschätzt ≈ 500 Lungenkrebs pro Jahr** → AGES Fachstelle für Radon, Linz (www.radon.gv.at)