

Strahlenmedizinische Abschätzung der Gesundheitsfolgen nach Schwerem AKW –Unfall in der Schweiz

Dr. med. Angelika Claußen

IPPNW Co-Vorsitzende

Stuttgart, 26.06.2025



Welche Strahlenfolgen können Katastrophenschutzmaßnahmen verhindern, welche nicht?

- AKW-Unfälle sind Großschadenslagen.
- Leitnuklide sind Jod 131 und Caesium 137.
- Ziel wäre, die Aufnahme dieser Nuklide in den menschlichen Körper und in die natürliche Umgebung zu verhindern.
- Die einzige effektive Maßnahme für Menschen ist die rechtzeitige Evakuierung, vor dem Eintreffen der radioaktiven Wolke.
- Jodprophylaxe: Die rechtzeitige Einnahme einer ausreichenden Dosis Jodtabletten, um die Einlagerung des radioaktiven Jods in die Schilddrüse zu verhindern. Wichtig vor allem für Kinder und Jugendliche sowie Schwangere.



Möglichkeiten und Grenzen der Maßnahmen zum Katastrophenschutz

- Die Katastrophenschutzmaßnahmen dienen der Verhinderung oder Abschwächung der **deterministischen Strahlenschäden oder Akutfolgen**.
- Ursache sind Zellschäden (Stopp der Zellteilung), die über die Reparaturkapazität des Körpers hinausgehen.
- **Schwellendosis** (ca. 500 mGY) , es besteht eine direkte Dosis-Wirkungs-Beziehung.
- **Medizinisch**: akute Strahlenkrankheit, welche die Organsysteme Knochenmark/blutbildendes System, Magen, Darm und Haut, beim Säugling: Fehlgeburten, Fehlbildungen



Möglichkeiten und Grenzen der Maßnahmen zum Katastrophenschutz

- Die Katastrophenschutzmaßnahmen können **Langzeitfolgeschäden (stochastische Strahlenschäden)** bis auf den Schilddrüsenkrebs **nicht verhindern**.
- **Ursache** sind Zellschäden, die durch Chromosomenbrüche oder eine falsche Zahl der Chromosomen in der Zelle entstehen.
- **Keine Schwellendosis**, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Schädigung nimmt mit der Dosis zu, aber nicht die Schwere der Erkrankung. Ein Krankheitsrisiko besteht auch für sehr geringe Dosen
- **Medizinisch**: Krebserkrankungen, Leukämie, Erbkrankheiten bei den Nachkommen.



Pathomechanismen ionisierender Strahlen

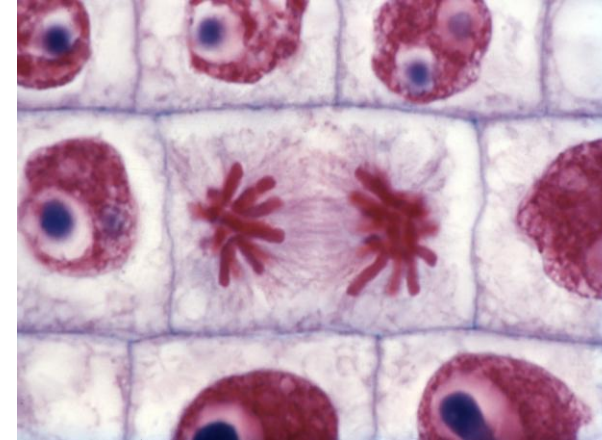
1. Mitose-Stop:

Vor Geburt

- Totgeburten (Aborte)
- Fehlgeburten
- Fehlbildungen

Nach Geburt:

- Strahlen-Krankheit
- Tschernobyl-Aids
- Anämie
- Vorzeitiges Altern



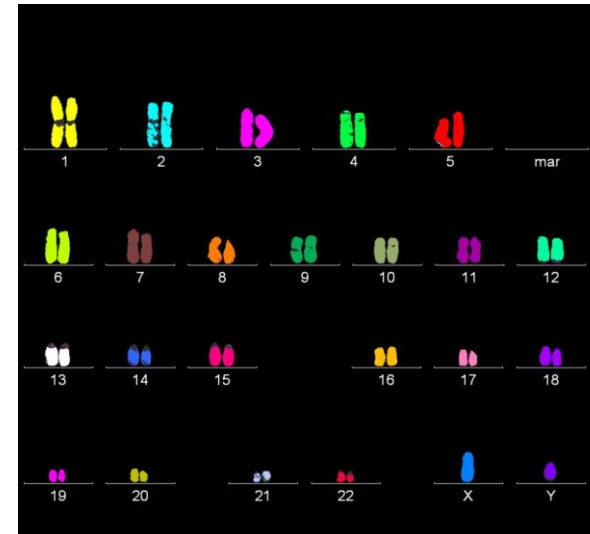
2. Chromosomen-Aberrationen:

Vor Geburt

- Fehlbildungs-Syndrome (Down-S.)

Nach Geburt:

- Diverse Krebse
- Leukämien



Beispiele für durch Studien gesicherte stochastische Langzeit-Strahlenschäden

- Hintergrundstrahlung, Radon: nach dem Rauchen die zweitwichtigste Ursache für Lungenkrebs (BfS)
- Hintergrundstrahlung: Leukämie bei Kindern
- AKW im Normalbetrieb: Kinderkrebs und Kinderleukämie
- Schwere AKW – Unfälle: Tschernobyl, Fukushima
- 400.000 Nukleararbeiter aus 15 Ländern: Krebserkrankungen + Hinweis auf erhöhte Raten von Hirninfarkten und Herzinfarkte
- Medizinische Diagnostik- Kopf –CT bei Kindern



Risiko CT Untersuchung bei Kindern

Das Krebsrisiko für
Kinder bei CT-
Untersuchungen ist
deutlich höher als bei
Erwachsenen wegen
ihrer erhöhten
Strahlensensibilität –
strenge
Indikationsstellung
erforderlich

THE LANCET

Articles

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

Summary

Background Although CT scans are very useful clinically, potential cancer risks exist from associated ionising radiation, in particular for children who are more radiosensitive than adults. We aimed to assess the excess risk of leukaemia and brain tumours after CT scans in a cohort of children and young adults.

Methods In our retrospective cohort study, we included patients without previous cancer diagnoses who were first examined with CT in National Health Service (NHS) centres in England, Wales, or Scotland (Great Britain) between 1985 and 2002, when they were younger than 22 years of age. We obtained data for cancer incidence, mortality, and loss to follow-up from the NHS Central Registry from Jan 1, 1985, to Dec 31, 2008. We estimated absorbed brain and red bone marrow doses per CT scan in mGy and assessed excess incidence of leukaemia and brain tumours cancer with Poisson relative risk models. To avoid inclusion of CT scans related to cancer diagnosis, follow-up for leukaemia began 2 years after the first CT and for brain tumours 5 years after the first CT.

Findings During follow-up, 74 of 178 604 patients were diagnosed with leukaemia and 135 of 176 587 patients were diagnosed with brain tumours. We noted a positive association between radiation dose from CT scans and leukaemia (excess relative risk [ERR] per mGy 0·036, 95% CI 0·005–0·120; $p=0·0097$) and brain tumours (0·023, 0·010–0·049; $p<0·0001$). Compared with patients who received a dose of less than 5 mGy, the relative risk of leukaemia for patients who received a cumulative dose of at least 30 mGy (mean dose 51·13 mGy) was 3·18 (95% CI 1·46–6·94) and the relative risk of brain cancer for patients who received a cumulative dose of 50–74 mGy (mean dose 60·42 mGy) was 2·82 (1·33–6·03).

Interpretation Use of CT scans in children to deliver cumulative doses of about 50 mGy might almost triple the risk of leukaemia and doses of about 60 mGy might triple the risk of brain cancer. Because these cancers are relatively rare, the cumulative absolute risks are small: in the 10 years after the first scan for patients younger than 10 years, one excess case of leukaemia and one excess case of brain tumour per 10 000 head CT scans is estimated to occur. Nevertheless, although clinical benefits should outweigh the small absolute risks, radiation doses from CT scans ought to be kept as

Lancet 2012;380:499–505

Published Online

June 7, 2012

[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60815-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60815-0)

See Comment page 455

See Perspectives page 465

Institute of Health and Society

(M S Pearce PhD, J A Salotti PhD,

N L Howe MSc) and **Northern**

Institute of Cancer Research

(Sir A W Craft MD), **Newcastle**

University, St James Spence

Institute, Royal Victoria

Infirmary, Newcastle upon

Tyne, UK; Radiation

Epidemiology Branch, Division

of Cancer Epidemiology and

Genetics, National Cancer

Institute, Bethesda, MD, USA

(M P Little PhD, C Lee PhD,

C M Ronckers PhD,

P Rajaraman PhD,

A B de González DPhil);

Great Ormond Street Hospital

for Children NHS Trust,

London, UK (K McHugh FRCS);

Department of Nuclear

Engineering, Kyung Hee

University, Gyeonggi-Do,



LNT – Linear-Non-Threshold –Hypothese zur Abschätzung von Strahlenfolgen

- Das LNT –Modell beruht auf der Annahme,
- dass die Häufigkeit eines stochastischen Effekts, die im mittleren bis hohen Dosisbereich (etwa 0,1 bis 5 Gy) beobachtet wird,
- linear bis zur Dosis Null (also ohne Schwellendosis) extrapoliert werden kann.
- Allgemein im Strahlenschutz anerkannte Hypothese , nach der international im praktischen Strahlenschutz gearbeitet wird.
- **Die Schweizer Atomaufsicht stellt dieses Modell zu Abschätzung der Strahlenfolgen nach einem AKW –Unfall jedoch in Frage.**



Großschadenslage Atomunfall: Was leistet der Katastrophenschutz, was nicht?

- Durch die Maßnahmen zum Katastrophenschutz nach einem AKW-Unfall können bis auf die Jodprophylaxe nur deterministische Strahleneffekte verhindert oder abgeschwächt werden.
- Z.B. durch die Maßnahme der rechtzeitigen Evakuierung oder der Aufenthalt in geeigneten Schutzräumen.
- Schwellenwert für deterministische Schäden sind 500 mSV für Erwachsene und 50 – 100 mSV für Säugling, Kleinkinder, ungeborenes Leben (Schwangere)
- Wirksame Radionuklide sind J 131 (HWZ 8 Tage)
- und CS 137 (HWZ 30,2 Jahre)
- **Fazit: Der Staat (mit Ausnahme der "Jodprophylaxe") sieht sich nicht in der Lage, seine Bevölkerung nach einem AKW-Unfall vor den unausweichlichen stochastischen Strahlenfolgen zu schützen.**



Auswirkungen eines Atomunfalls für Deutschland am Beispiel des AKW Leibstadt (lt. Institut Biosphere 2025)

- Effektive Kollektivdosis anhand von 1461 Wettersituationen
- Für 15 ungünstige Wettersituationen werden 324.000 schwere Erkrankungen und mehr als 147.000 Todesfällen zu errechnet .
- Mittelwert: 70.000 schwere Erkrankungen und 32.000 Tote
- **Fazit: Ein schwerer Unfall in einem Schweizer AKW bedroht bei entsprechender Wetterlage Leben und Gesundheit von Hunderttausenden Menschen in Deutschland.**
- **Noch in 85 Kilometer Abstand zum AKW können akute Strahlenschäden auftreten, etwas näher am AKW kann die Strahlung sogar potenziell tödlich sein.**
- **Die genannten Strahlenbelastungen treten binnen weniger Stunden auf. Wirksamer Katastrophenschutz? Nicht möglich.**



Stadt/Gemeinde	Entfernung AKW Leibstadt (km)	Individuelle Effektivdosis der Einwohner*innen, Durchschnitt der 15 (von 1.461) ungünstigsten Wettersituationen (mSv)
Rheinfelden → W	31	1.889
Stühlingen → NO	28	1.343
Lörrach	39	1.336
Schönau i. Schw. ¹⁸⁴ → NW	28	759
Lenzkirch → N	30	576
Freiburg im Breisgau	52	341
Titisee-Neustadt	35	324
Stockach	68	292
Tuttlingen	64	278
Lahr	85	251
Rottweil	71	231
Konstanz	75	196
Meßkirch	82	172
Sigmaringen	94	154
Riedlingen	114	150
Tübingen	121	135



Stadt/Gemeinde	Entfernung AKW Leibstadt (km)	Individuelle Effektivdosis der Einwohner*innen, Durchschnitt der 15 (von 1.461) ungünstigsten Wettersituationen (mSv)
Nagold	113	132
Albstadt	93	132
Sindelfingen	137	127
Biberach a. d. Riß	132	124
Ravensburg	109	117
Stuttgart	150	117
Reutlingen	125	106
Ulm	161	101
Lindau	114	99
Bad Waldsee	123	96
Wangen i. A.	124	87
Pforzheim	148	80
Memmingen	155	70
Heilbronn	188	69
Baden-Baden	129	59
Mannheim	212	40

Tab.1: Individuelle Effektivdosis in den 15 (von 1.461 untersuchten) ungünstigsten Wettersituationen, für ausgewählte Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, in Millisievert, bei unterstellter Evakuierung aller Orte (nach Durchzug der radioaktiven Wolke)



Aktuell bestehende Defizite im Katastrophenschutz deutsch-schweizerische Zusammenarbeit

- Die von den Schweizer AKWs ausgehende Gefährdung ist der deutschen Bevölkerung nicht bekannt.
- Der fachliche Austausch zwischen Schweizer und deutscher Atomaufsicht ist völlig unzureichend
- Wie ist es zu erklären, dass sowohl die Schweizer Atomaufsicht als auch die Deutsche Atomaufsicht es bisher versäumt haben, Daten über schwere Unfallabläufe mit großen radiologischen Ausbreitungen und länger anhaltender Freisetzung veröffentlicht haben?
- Wie ist es zu erklären, dass die Umsetzung der neuen Katastrophenschutzpläne nach Fukushima mit der gültigen Vervielfachung der Evakuierungszonen von den südbadischen Behörden nicht umgesetzt wurde?
- Warum dringen deutsche Behörden nicht auf eine länderübergreifende Umweltverträglichkeitsprüfung?

