

## Studienunterlagen

### EUNUPRI2019 - European Nuclear Power Risk Study



## Studie zum Unfallrisiko in 5 Europäischen Kernkraftwerken

**1. Studienleitung:** Dr. Frédéric-Paul Piguet, *Institut Biosphère* (Interdisziplinäres Forschungsinstitut), Genf  
<https://institutbiosphere.ch/> (Die Studie ist unter diesem Link abrufbar)

### 2. Zusammenfassung

1. Die Studie untersucht das Unfallrisiko der 5 Kernkraftwerke (KKW) von Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg (Schweiz) und Bugey (Frankreich).
2. Das radioaktive Reaktorinventar („source term“) beläuft sich rechnerisch für die 9 Kernkraftwerke auf eine Grössenordnung zwischen Kategorie (ENSI) A5 (entsprechend Fukushima) und A6 (entsprechend Chernobyl) pro Reaktor.
3. Die bei einem schweren KKW-Unfall freiwerdende Radioaktivität ist damit als 30-fach höher einzustufen als dies bei der Planung der Schutzmassnahmen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz BABS vorgesehen ist.
4. Es wurden KKW-Unfälle bezüglich 365 Wettersituationen entsprechend der tatsächlichen Meteorologie im Jahre 2017 für jedes einzelne KKW rechnerisch simuliert.
5. Es fand sich eine Kollektive Strahlendosis zwischen minimal 50 000 Personen-Sievert (persSv) für das KKW Beznau und maximal 123 000 persSv für das KKW Gösgen.
6. Die Verstrahlung durch einen schweren Unfall würde um 16.4 Millionen bis 24 Millionen Personen in Europa treffen.
7. Es sind 20'000 bis gegen 50'000 Krebsfälle als längerfristige Folgen der Verstrahlung zu erwarten, ebenso zwischen 7'500 und 18'500 strahlungsbedingte Fälle von Herzkreislauferkrankungen wie z.B. Herzinfarkte oder Hirnschläge.
8. Es lassen sich damit für Europa zwischen 12'500 (bei einem Unfall im KKW Beznau) und 31'100 vorzeitige Todesfälle (bei einem Unfall im KKW Gösgen) durch Krebs- und Herzkreislauferkrankungen als Strahlenfolge abschätzen.
9. Eine hohe Anzahl zusätzlicher strahlungsbedingter Nicht-Krebserkrankungen, genetischer Störungen und weiterer Beeinträchtigungen der Fortpflanzung sind aufgrund der Erfahrungen von Tschernobyl zu erwarten.
10. Die Wettersituation würde einen massgebenden Einfluss auf die Opferzahl haben: An 37 Tagen pro Jahr mit ungünstigen Wetterverhältnissen (höchste Dezile) wären 4 mal mehr der oben genannten gesundheitlichen Auswirkungen zu beobachten - im Vergleich zu den 37 Tagen der günstigsten Dezile.
11. Sollte sich ein schwerer Unfall im KKW Leibstadt ereignen, wäre die Opferzahl in Deutschland durchschnittlich 20% höher als in der Schweiz, bei ungünstigen Wetterverhältnissen jedoch mehr als doppelt so hoch.
12. Aufgrund der Verstrahlung müssten grosse landwirtschaftlichen Flächen aufgegeben werden; Bei einer Limite von 37000 Bq /m<sup>2</sup> Caesium -137 kämen zwischen 16 000km<sup>2</sup> (KKW-Unfall in Beznau) und 37 000 (KKW-Unfall in Leibstadt) als Weide- und Ackerland nicht mehr in Frage entsprechend den Flächen der Kantone .... respektive ...
13. Es müssten bei einem KKW-Unfall in Beznau bis 250 000 und in Leibstadt bis 500 000 Personen dauerhaft umgesiedelt werden (Evakuationslimite von 1480 kBq/m<sup>2</sup> Caesium-137).

### 3. Studienziel: Risikobeurteilung bei einem schweren KKW-Unfall in Westeuropa

**Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit x Schadensausmass bei Eintritt des Ereignisses**

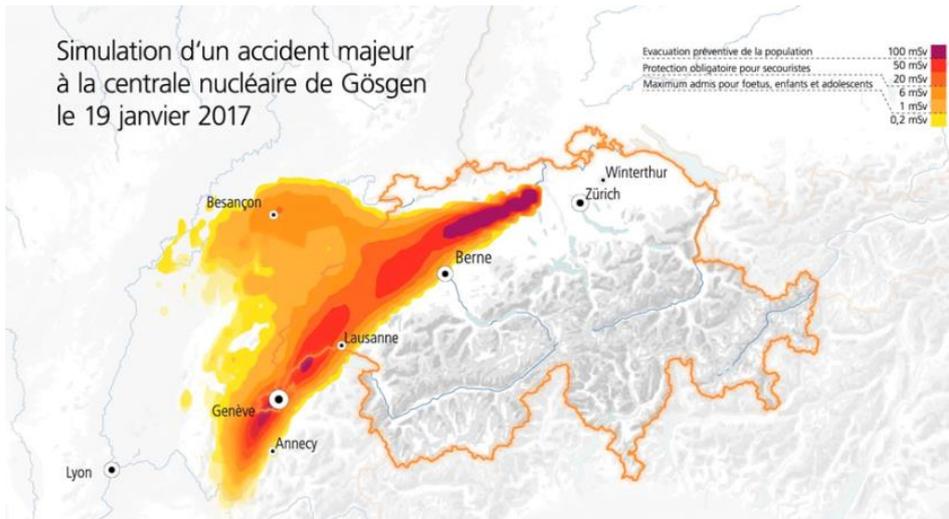
### 4. Bedeutung niedriger ionisierender Strahlendosen für die Gesundheit

Ionisierende Strahlung – woher sie auch kommt – schädigt Körperzellen. Dadurch werden dosisabhängig nach Jahren schwere Krankheiten wie z.B. Krebs, Herz-Kreislaufkrankheiten, Fehlbildungen und genetische Veränderungen ausgelöst. Es gibt keine ungefährliche Dosis – auch niedrige ionisierende Strahlendosen erhöhen das Risiko für diese Gesundheitsschäden. Besonders strahlenempfindlich sind Ungeborene, Kinder und Frauen.

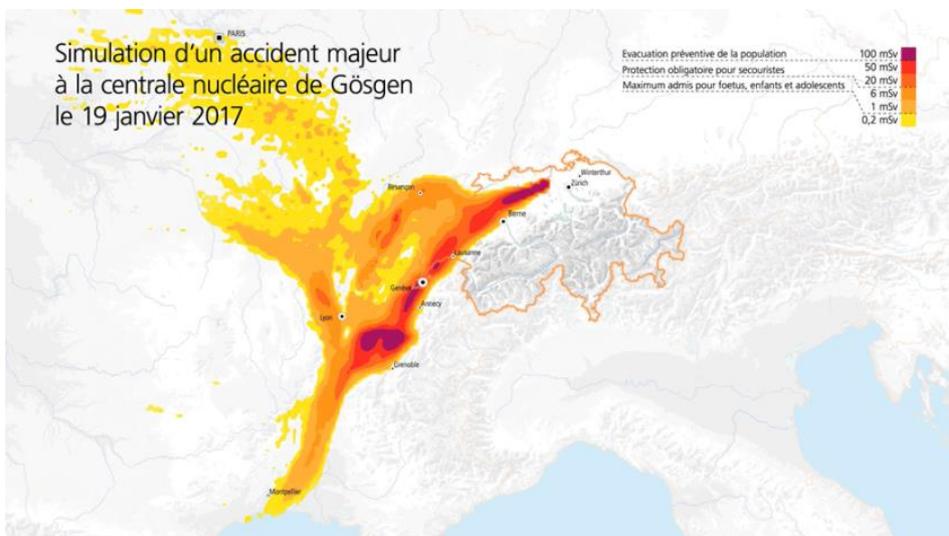
## 5. Methodik

- Verstrahlung abhängig von Meteorologie, Geographie und Demographie – Software: NOAA-HYSPLIT; QGIS

- Ausbreitung: [https://vimeo.com/335779717?utm\\_source=email&utm\\_medium=vimeo-cliptranscode-201504&utm\\_campaign=28749](https://vimeo.com/335779717?utm_source=email&utm_medium=vimeo-cliptranscode-201504&utm_campaign=28749)



Verlauf



48h – Situation

### - Strahlungsbedingte Gesundheitsschäden

Tabelle 1: Gesundheitsschäden infolge eines grossen Kernkraftwerkunfalls – Modelle A, B und C: Opferzahlen (Inzidenz) berechnet aufgrund der geschätzten effektiven Kollektivdosis (PersSv).

EAR = Risikofaktor für Exzessives Absolutes Risiko, Sv = Sievert

Ernsthafte strahlenbedingte Gesundheitsschäden		Modell A	Modell B	Modell C
	EAR gemäss ICRP 103 (2007) (veraltet)	EAR gemäss WHO/UNSCEAR 2013	EAR basierend auf Cardis 2005 / Körblein 2006 / Little 2012 / IPPNW 2014 / INWORKS 2015 / Hoffmann 2017 / European CVD 2017	Gleiche EAR wie für Modell B
Krebserkrankungen	0.1 / Sv	0.2 / Sv	0.4 / Sv	0.4 / Sv
Herz-Kreislauferkrankungen			0.15 / Sv	0.15 / Sv
Andere Erkrankungen als Krebs; genetische Defekte und weitere Störungen der Reproduktion	- Schwellendosis 500mSv für andere Krankheiten als Krebs - 0.002 / Sv für genetische Schäden			Semiquantitative Schätzung (keine etablierten Risikofaktoren)

## 6. Resultate: Kollektive Strahlendosen (Europa)

### Gesundheitliche Auswirkungen eines grossen Kernkraftwerkunfalls in Europa

#### Kollektive Strahlendosis

Addition aller individueller Strahlendosen

- Kollektive Strahlendosis in Personen-Sievert (PersSv; manSv)
- Berechnung der Anzahl strahlungsbedingter Krankheitsfälle und Todesfälle

#### Aspekte, welche die Studie nicht berücksichtigt:

- 1° Strahlendosis durch Aufnahme von radioaktiver Nahrung / Wasser
- 2° Inhalation und Oberflächen-Exposition bei Radionuklid-Resuspension aus der Luft
- 3° Effekte durch Strahlenschutzmassnahmen (Notfall / Langzeitevakuierung)
- 4° Besonders hohe Strahlenempfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen

#### Grosser KKW-Unfall in der Schweiz oder Bugey (FR) – Abschätzung der kollektiven Strahlendosen und Anzahl betroffener Einwohnerinnen und Einwohner in Europa

KKW Region		KKW Beznau (1 Reaktor) CH	KKW Bugey (1 Reaktor) FR	KKW Gösgen CH	KKW Leibstadt CH	KKW Mühleberg CH
Europa	Kollektive Strahlendosis (Personen-Sievert, persSv)	50'580	78'198	123'439	92'991	109'973
Europa	Strahlenexponierte Personen (gerundet)	16.4 Millionen	24 Millionen	22.9 Millionen	21.3 Millionen	23 Millionen

Das radioaktive Reaktor-Inventar und die nachfolgende Verstrahlung der Biosphäre durch einen grossen Unfall in einem der 4 Schweizer Kernkraftwerke oder im KKW Bugey (Fr) liegt **zwischen A5 (Fukushima) und A6 (Tschernobyl)**.

[Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS: Das Planungsszenario A4 (ab 1.1.2019) ist jedoch 30-fach niedriger ausgelegt als dies der Bevölkerungsschutz angesichts des geschätzten „source terms“ erfordert]

Abgesehen von allfälligen wenigen akuten Strahlenopfern (z.B. Feuerwehrleute) zeigen sich die medizinischen Folgen durch die akuten und chronischen, wiederholten Strahlendosen (z.B. durch die Nahrung) erst im Verlauf von Monaten, Jahren und Jahrzehnten. Die meisten Strahlendosen liegen im sogenannten „Niedrigen Dosisbereich“ (Individuelle Gesamtdosis unter 100 Millisievert).

## 7. Resultate: Krebserkrankungen, Herz-Kreislaufkrankungen (Europa und Schweiz)

Tabelle 2. Grosser KKW-Unfall – Auswirkungen auf die Gesundheit, **Modell A (WHO/UNSCEAR)**: Schätzung der Anzahl strahleninduzierter Krebserkrankungen in der **Schweiz** (Mittelwert).

KKW Region		KKW Beznau (1 Reaktor) CH	KKW Bugey (1 Reaktor) FR	KKW Gösgen CH	KKW Leibstadt CH	KKW Mühleberg CH
Schweiz	Strahleninduzierte Krebserkrankungen	5'666	737	16'879	6'889	14'388

Tabelle 3. Grosser Kernkraftwerkunfall – Auswirkungen auf die Gesundheit, **Modell B**: Schätzung der Anzahl Krebserkrankungen und Herz-Kreislaufkrankungen infolge Verstrahlung **in Europa**. Maximum KKW Gösgen: → **Beinahe 50 000 Krebserkrankungen** und **mehr als 18 000 Fälle von Herzinfarkten und Hirnschlägen** (Mittelwerte)

KKW Region		KKW Beznau CH	KKW Bugey FR	KKW Gösgen CH	KKW Leibstadt CH	KKW Mühleberg CH
Europa	Krebs- Erkrankungen	20'232	31'279	49'376	37'196	43'989
	Herz-Kreislauf- Erkrankungen	7'587	11'730	18'516	13'949	16'496

Tabelle 4: Grosser Kernkraftwerkunfall – Einfluss des Wetters auf die Opferzahl, Modell B: Schlechtwettersituation an 36 Tagen pro Jahr → **annähernd Verdoppelung der schweren strahlenbedingten Erkrankungen**



(Krebserkrankungen; Herz-Kreislaufkrankungen: Herzinfarkt, Hirnschlag)

KKW Region	Wettersituation (im Verlaufe eines Jahres)	KKW Beznau CH	KKW Bugey FR	KKW Gösgen CH	KKW Leibstadt CH	KKW Mühleberg CH
Europa	Schlechteste 10% (36 Tage)	52'191	70'366	109'578	92'320	97'231
	Medianwert	24'151	37'649	60'881	41'477	57'738
	Günstigste 10% (36 Tage)	9'299	18'126	32'884	19'305	29'067

## 9. Resultate: Weitere strahleninduzierte Krankheiten, genetische Defekte und andere reproduktive Störungen

<b>Tabelle 5.a. Semi-quantitative Abschätzung der strahlungsbedingten, nicht-krebsartigen Gesundheitsschädigungen im Falle eines grossen Kernkraftwerkunfalles in Westeuropa – z.B. KKW Beznau, Bugey, Gösgen, Mühleberg, Leibstadt</b>			
<b>Betroffene Region</b>	<b>Nicht-krebsartige Gesundheitsschädigungen</b>	<b>Semiquantitative Schätzung</b>	<b>Literaturreferenz</b>
Europa	Weitere Krankheiten	Millionen Menschen	<b>Yablokov 2009</b>
	Fehlbildungen	Pro Jahr mehrere Tausend	<b>Yablokov 2009</b>
	Genetische Veränderungen	Langfristig Hunderte Millionen	<b>Yablokov 2009</b>

### **Tabelle 5.b. Grosser KKW-Unfall – Auswirkungen auf die Gesundheit, Modell C: Anzahl der Strahlenopfer wie Modell B, *zusätzlich*: Weitere nicht-bösartige Erkrankungen, genetische Schäden und Störungen der Reproduktion (Risikofaktoren nicht bekannt). Gesamtzahl höher als Anzahl der Krebserkrankungen (Lehren aus Tschernobyl)**

#### **Weitere nicht-bösartige Erkrankungen (Herz-Kreislaufkrankheiten: Siehe Modell B)**

- des Verdauungstraktes
- der Lunge
- des hormonellen Systems (Schilddrüsenunterfunktion, Zuckerkrankheit, hormonelle Unfruchtbarkeit der Frau)
- des Zentralen Nervensystems (Intellekt. Defizite, Suizide, Psychosen, Degeneration li Hirnhälfte bei Rechtshändern)

#### **Genetische Schäden und Störungen der Reproduktion**

- Zunahme von Trisomie 21 (Down's Syndrom),
- Fehlbildungen (besonders der Gliedmassen, des Gesichts, des Gehirns und Rückenmarks, des Herzens)
- Zunahme von Fehlgeburten,
- Zunahme von Totgeburten,
- Gestörtes Zahlenverhältnis Knaben / Mädchen bei der Geburt – Ausdruck von vermehrten Frühaborten

## 10. Eintrittswahrscheinlichkeit eines grossen KKW-Unfalls

Standardannahme IAEA : 1 Ereignis pro 1 000 000 KKW- Betriebsjahre

Literatur Wheatley et al.: 18 Ereignisse pro 1 000 000 KKW-Betriebsjahre → **Faktor 18 !**

## 11. Schlussfolgerung: Die Schweiz ist auf einen grossen Kernkraftwerksunfall unzureichend vorbereitet

Die vorliegende wissenschaftliche Studie zu den Risiken eines schweren Kernkraftwerksunfalls in Westeuropa berücksichtigt erstmals sowohl moderne meteorologische Berechnungen wie neue medizinische Erkenntnisse. Langfristig sind mehr als 100'000 Strahlenopfer in der Schweiz und den umliegenden Staaten zu erwarten, sollte sich in einem der fünf untersuchten Kernkraftwerke in der Schweiz oder Frankreich ein grosser Unfall ereignen. Bei einer Katastrophe in Beznau, Gösgen, Mühleberg, Leibstadt oder im französischen Kernkraftwerk Bugey wären in Europa um 20 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner betroffen. Die dabei freigesetzte Radioaktivität wird auf das Dreissigfache des Wertes geschätzt, welcher der Planung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz BABS zugrunde liegt. Die Studie richtet sich einerseits an den Bundesrat und regt eine rasche Revision des derzeit ungenügenden Schutzkonzeptes an. Zusätzlich muss die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines grossen Kernkraftwerkunfalles gemäss neuen wissenschaftlichen Untersuchungen gegen 20mal höher eingestuft werden als dies internationale Standards für die Kernkraftwerksicherheit erfordern. Dieses Risiko ist inakzeptabel hoch. Damit ist die Forderung einer raschen Abkehr von der Kernenergie in der Schweiz wissenschaftlich begründet.

## 12. Weiterführende Literatur

IPPNW (Deutsche Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkriegs/Ärzte in sozialer Verantwortung e.V.): Information ; Health effects of ionising radiation: Summary of expert meeting in Ulm, Germany, October 19th, 2013  
[https://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Health\\_effects\\_of\\_ionising\\_radiation.pdf](https://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Health_effects_of_ionising_radiation.pdf)

Little MP, Azizova TV, Bazyka D, et al. Systematic Review and Meta-analysis of Circulatory Disease from Exposure to Low-Level Ionizing Radiation and Estimates of Potential Population Mortality Risks. Environ Health Perspect. 2012;120:1503–11.  
<https://ehp.niehs.nih.gov/1204982/>

IPPNWReport 2016; 30 years living with Chernobyl 5 years living with Fukushima Health effects of the nuclear disasters in Chernobyl and Fukushima  
[https://ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Tschernobyl/Report\\_TF\\_3005\\_en\\_17\\_screen.pdf](https://ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Tschernobyl/Report_TF_3005_en_17_screen.pdf)

Yablokov, A., Nesterenko, V., Nesterenko, A. (2009): Chernobyl – Consequences of the Catastrophe for People and Environment, Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 1181, Boston, Massachusetts. Page 58 -160  
<http://www.foejapan.org/energy/evt/pdf/121214.pdf>

Forster M., AefU Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz Schweiz (2016). Zahlenzauber mit der Wahrscheinlichkeit von Atomunfälle, in: Ist der Notfallschutz bereit? OEKOSKP 3/16, Seite 11-14  
[http://www.aefu.ch/fileadmin/user\\_upload/aefu-data/b\\_documents/oekoskop/oekoskop\\_16\\_3.pdf](http://www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/oekoskop/oekoskop_16_3.pdf)

Wheatley, S, B Sovacool, D Sornette. 2017. Of Disasters and Dragon Kings: A Statistical Analysis of Nuclear Power Incidents and Accidents'. Risk Anal. 2017 Jan; 37(1), p. 99-115.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27002746>

## 13. Visualisierungen (Filme zur Ausbreitung der radioaktiven Wolke)

### Unfallszenario KKW Gösgen

[https://vimeo.com/335779717?utm\\_source=email&utm\\_medium=vimeo-cliptranscode-201504&utm\\_campaign=28749](https://vimeo.com/335779717?utm_source=email&utm_medium=vimeo-cliptranscode-201504&utm_campaign=28749)

Unfallszenarien KKW Gösgen, KKW Beznau und KKW Leibstadt siehe: <https://institutbiosphere.ch/>

## 14. Glossar

Becquerel	Mass für die Radioaktivität
EAR	Excess Absolute Risk; Absolute Risikoerhöhung
ERR	Excess Relative Risk; Relative Risikoerhöhung
IAEA	Internationale Atomenergieagentur
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission
PersSv, Personen-Sievert	Mass für die Kollektive Strahlendosis = Personenanzahl x durchschnittliche individuelle Dosis (...auch manSv, man-Sievert)
Sv – Sievert	Mass für Strahlendosis. Offiziell zulässige jährliche künstliche Strahlendosis: 1 Millisievert
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; Wissenschaftliches Gremium der UNO für Strahlenwirkungen
WHO	Weltgesundheitsorganisation