

Studie über die Verletzlichkeit der Schweiz im Fall eines schweren Nuklearunfalls auf ihrem Staatsgebiet

Strategische Analyse und internationaler Vergleich

NUR ZUSAMMENFASSUNG

IB, Serie Strategische Studien

Institut Biosphère

secretariat@institutbiosphere.ch

www.institutbiosphere.ch

+41 79 741 52 53

Dr. Frédéric-Paul Piguet

Studie des *Institut Biosphère*, erstellt im Auftrag des Vereins *Sortir du Nucléaire*
(*Ausstieg aus der Atomenergie*)

Autor:

Frédéric-Paul Piguet

Doktor in Geowissenschaften und Umwelt, mit Auszeichnung im Fachgebiet
Umweltwissenschaften

Verantwortlich für Lehre und Projekte im Institut Biosphère

Institut Biosphère

16 B rte de Jussy / CH-1226 Genève
secretariat@institutbiosphere.ch
www.institutbiosphere.ch
+41 79 741 52 53

- Mit besonderem Dank an Declan Butler für die Bereitstellung der Daten seiner Studie, die wir hier verwendet haben. Butler Declan, « Reactors, residents and risk », *Nature*, 21. April 2011, doi:10.1038/472400a <http://www.nature.com/news/2011/110421/full/472400a.html>
- Mit besonderem Dank an Philippe Solms, Vorstandsmitglied des Institut Biosphère, für sein sorgfältiges Korrekturlesen und seine kompetenten Ratschläge.
- Mit besonderem Dank an Prof. Anne-Christine Favre, Centre de droit public, Université de Lausanne

IB : Serie Strategische Studien: N°1

NUR ZUSAMMENFASSUNG,

September 2015

Studie erfolgte im Auftrag des Vereins *Sortir du Nucléaire*, Philippe de Rougemont, Case postale 9, 1211 Genève 7

Übersetzt aus dem Französischen ins Deutsche von Dieter Kuhn

Studie über die Verletzlichkeit der Schweiz im Fall eines schweren Nuklearunfalls auf Schweizer Staatsgebiet

ZUSAMMENFASSUNG

Dr Frédéric-Paul Piguet
Institut Biosphère

1	Einleitung	4
2	Überprüfung der Sicherheitsnormen aus einer kognitiven Umarmung befreien.....	5
3	Dimension des schweren Unfalls, der für diese Studie angenommen wurde.....	5
4	Internationaler Vergleich der Situationen in Bezug auf strategische Schwächen und potentielle Verletzlichkeit.....	7
5	Resultate: Schlussrang.....	8
6	Resultate : Die Sicherheit aufgrund der Distanz von Kernkraftwerken zu urbanen Zonen (üblicher Standard) und die Situation in der Schweiz.....	9
7	Kommentar zur Kombination der beiden Sicherheits-Schwachstellen der Schweiz angesichts eines schweren Nuklearunfalls.....	9
8	Politische und wirtschaftliche Aspekte dieser Situation der strategischen Schwäche	10
9	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	11
10	LITERATURVERZEICHNIS	13
10.1	Gesetzgebung und offizielle Normen	13
10.2	Offizielle Berichte.....	13
10.3	Wissenschaftliche Artikel und Studien	14
10.4	Offizielle Webseiten.....	15
10.5	Zeitungsartikel und andere Quellen	15

Studie über die Verletzlichkeit der Schweiz im Fall eines schweren Nuklearunfalls auf Schweizer Staatsgebiet

ZUSAMMENFASSUNG

1 *Einleitung*

Dieser Bericht identifiziert die strategische Schwäche und Verletzlichkeit der Schweiz im Fall eines schweren Nuklearunfalls. Ein Ereignis dieser Art würde strategische Auswirkungen auf das Land nach sich ziehen, auf sozialer, wirtschaftlicher und politischer Ebene, und es ist nötig, das Ausmass dieser Auswirkungen auszuloten.

Dieser Bericht vergleicht die strategische Umgebung der 4 Schweizer Kernkraftwerke mit jener der anderen 190 Kernkraftwerke weltweit, insgesamt geht es um 194 Kernkraftwerke. Er stuft die Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Situation ihrer strategischen Schwächen und Verletzlichkeiten ein, die diese in ihren jeweiligen Ländern verursachen könnten, oder nicht, und zwar aufgrund ihrer geografischen Nähe oder Ferne von wichtigen städtischen Gebieten.

Das wichtigste Ergebnis ist, dass keines der vier Schweizer Kernkraftwerke den üblichen Sicherheitsstandard einhält, was die Lage der Kraftwerke fernab von bedeutenden urbanen Gebieten angeht, ein Standard, der doch immerhin bei 156 der weltweit insgesamt 194 Kernkraftwerke (80%) eingehalten wird.

Die 4 Schweizer Atomkraftwerke befinden sich unter den ersten 8 der 194, die eine ausserordentliche strategische Schwäche ausweisen, die im internationalen Vergleich ungewöhnlich hoch ist.

Was die Vertreibung der Bevölkerung, den Verlust von Land, die Verarmung des Landes, die institutionelle Schwächung und das Risiko eines Auseinanderbrechens des Landes angeht, würde ein schwerer Nuklearunfall in einem der Schweizer Kernkraftwerke Kosten nach sich ziehen, die angesichts der Kleinräumigkeit der Schweiz so gross wären wie im Fall eines Krieges.

Diese aussergewöhnliche strategische Schwäche ist besorgniserregend, denn die Sicherheitsnormen der Schweizer Kernkraftwerke sind nicht auf die Normen ausgerichtet, denen neue Kernkraftwerke entsprechen müssen. Die Redundanz der Sicherheitssysteme, die physische Abtrennung von Notfallsystemen, kurz, die Sicherheitsvorgaben, welche die Qualität eines "Schutzes in die Tiefe" ausmachen, sind bei den Schweizer Kernkraftwerken auf einem tieferen Niveau angesetzt als jenes, das für neue Kernkraftwerke verlangt wird; akzentuiert wird die Lage noch durch die Alterung von Komponenten, die nicht ausgewechselt werden können. Man kann von Sicherheitsstandards mit einem Rabatt sprechen, während sich die Schweiz darüber hinaus durch ein sehr hohes Niveau von Verletzlichkeit für einen schweren Nuklearunfall auszeichnet.

Die Tatsache, dass alle Kernkraftwerke der Schweiz gleichzeitig zwei der wichtigen Sicherheitsstandards nicht erfüllen, führt dazu, dass das Land im internationalen Vergleich ein ungewöhnlich hohes und ernsthaftes Risiko eingeht. Dazu kommt, dass die Kosten im Fall eines schweren Nuklearunfalls in der Schweiz pro Haushalt bei 248'000 Franken oder höher liegen würden, und dass nur 0,23% dieser Summe durch Versicherungsleistungen gedeckt wäre.¹

¹ NB : Ab Seite 13 dieses Berichts folgen die bibliografischen Nachweise systematisch. Für diese Zusammenfassung gilt dies nicht.

2 *Überprüfung der Sicherheitsnormen aus einer kognitiven Umarmung befreien*

Das Sicherheitsniveau der Schweizer Kernkraftwerke, die derzeit in Betrieb sind, entspricht nicht dem, was die Schweizer Gesetzgebung für den Bau neuer Kernkraftwerke vorschreiben würde. Dennoch bekräftigt das *Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat* (ENSI), dass die "Schweizer Kernkraftwerke sicher sind", was nur heissen will, dass die Schweizer Kernkraftwerke den Sicherheitsnormen alter Kernkraftwerke entsprechen, Normen, die im Vergleich mit den Standards für neue Kernkraftwerke weniger hohe Ansprüche stellen.

Die Ansicht des ENSI ist ungenügend, da sie die strategische Dimension eines schweren Nuklearunfalls nicht integriert, eines Ereignisses, das die innere und äussere Sicherheit der Schweiz sehr schwer beeinträchtigen würde, da dieses Land durch die geografische Lage seiner Kernkraftwerke viel verletzlicher ist als die Mehrheit der anderen Länder. Anders gesagt, man braucht ein realistisches Bild der maximalen Schäden, um sagen zu können, ob das Sicherheitsniveau ausreichend ist.²

Gemäss diesem Bericht ist eine der Sicherheitsregeln, die weltweit grundsätzlich befolgt wird, dass Kernkraftwerke in einer gewissen Distanz zu den strategisch wichtigsten städtischen Gebieten liegen sollten. Sogar kleinen Staaten ist es gelungen, diesen für die nationale Sicherheit bedeutenden Sicherheitsstandard umzusetzen (die Niederlande zum Beispiel).

In der Schweiz ist dies jedoch nicht der Fall, daher das Interesse, sich über diese entscheidende Dimension Fragen zu stellen, was das Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat bisher nicht getan hat (und auch keine andere Bundesbehörde). Der vorliegende Bericht sollte es möglich machen, aus einer klassischen Situation institutioneller Dysfunktion herauszukommen, in welcher der Garant für die Sicherheit sich auf seine eigene Interpretation der Gesetzgebung stützt, um zu erklären, dass alles in Ordnung sei, während sich der Gesetzgeber auf die Meinung des Garanten für die Sicherheit stützt, um zu erklären, seine Gesetzgebung sei angemessen. Das Verständnis für die ausserordentliche strategische Schwäche der Schweiz im internationalen Vergleich bietet eine Chance, sich im Bereich der Logik aus einer absurden kognitiven Umarmung zu befreien. Und dafür muss man sehen, wie die Schweizer Kernkraftwerke für eine weitgehend anomale Situation und ausserordentliche Verletzlichkeit des Landes sorgen.

3 *Dimension des schweren Unfalls, der für diese Studie angenommen wurde*

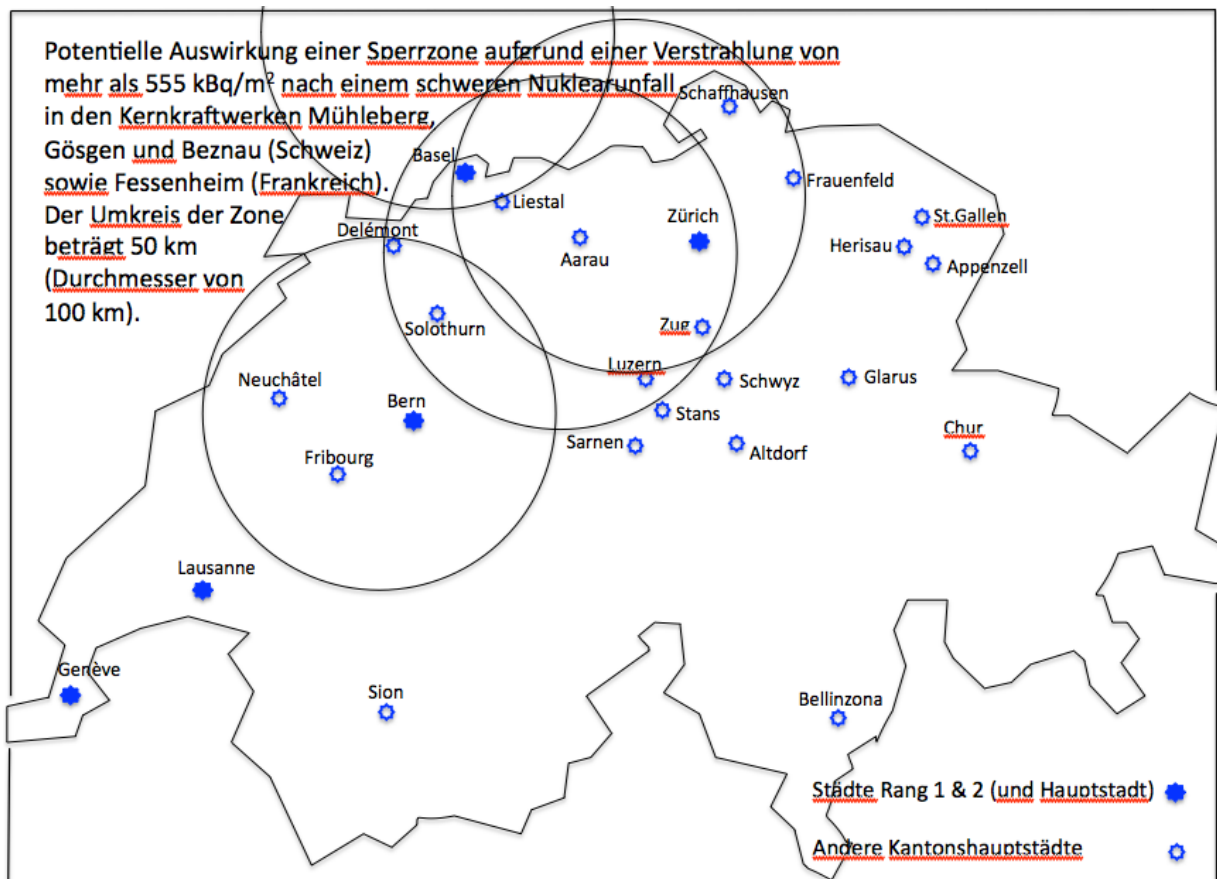
Beim Referenzunfall in der vorliegenden Studie geht es um einen Unfall der Stufe 7 auf der INES-Skala (erstellt von der Internationalen Atomenergie-Organisation zur Einstufung der Konsequenzen von nuklearen Unfällen). Das Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) unterscheidet – innerhalb von Stufe 7 – zwischen drei Ebenen zur Analyse der Bedrohung im Fall der Schweizer Kernkraftwerke: A4, A5 und A6, wobei A6 für die grösste Bedrohung steht. Der Bericht des Bundesamts für Bevölkerungsschutz vom Juni 2015 basiert nur auf dem Szenario A4, das von Freisetzung ausgeht, die hundert Mal geringer sind als im Fall von Szenario A6. Will man aber den Grad der strategischen Schwäche der Schweiz einschätzen, wäre es insbesondere angebracht, sich für die Konsequenzen von Szenario A6 zu interessieren.

Was die Dimensionierung einer dauerhaften Evakuierungszone angeht, die langfristig eine beträchtliche strategische Auswirkung auf das Land haben würde lassen mehrere offizielle Quellen den Schluss zu, dass diese dort erfolgen würde, wo die Verstrahlung des Gebiets über einem Wert von 555'000 Becquerels pro m² (555 kBq/m²) liegen würde. Erfahrungsgemäss könnte ein schwerer Nuklearunfall eine Sperrzone nach sich ziehen, die

² Dieser Bericht äussert sich nicht zur Wahrscheinlichkeit eines schweren Nuklearunfalls, sondern zu dessen Konsequenzen für das Land und seine Bevölkerung, falls es dazu kommen würde.

zwischen 2'826 km² (Umkreis von 30km) und 7'850 km² (Umkreis von 50 km – siehe Karte (a), folgende Seite) gross wäre, oder sogar noch grösser.

Ein schwerer Nuklearunfall kann unterschiedliche Folgen haben, je nach Wetterbedingungen, die zwangsläufig die Ausdehnung der Evakuierungszone und die Ausdehnung kontrollierter Zonen beeinflussen werden, in denen die Bevölkerung nicht ihren Aktivitäten nachgehen und sich auch nicht normal bewegen könnte. Ein internationaler Vergleich erfordert jedoch, dass die in Betracht gezogenen Kriterien standardisiert werden, um sie auf alle 194 untersuchten Kernkraftwerke anwenden zu können. Da wir die Verletzlichkeit verschiedener Länder dokumentieren, untersuchen wir nur zwei Szenarien, eines mit einer Sperrzone mit einem Umkreis von 30 km und eines mit einer Sperrzone mit einem Umkreis von 50 km, und achten nur auf Grenzen zwischen Staaten, wenn diese Beachtung unsere Arbeit erleichtert.³



Karte (a) : Die mit einem ausgefüllten Stern markierten Städte sind Kantonshauptstädte von Rang 1 und 2 (mehr als 240'000 Einwohner), bei den mit einem kleineren Stern markierten Städten handelt es sich um die anderen Kantonshauptstädte der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Im Zentrum des Kreises mit einem Radius von 50 km, der fast den ganzen westlichen Teil des Landes abdeckt, liegt das Kernkraftwerk Mühleberg. Der am weitesten im Osten gelegene Kreis zentriert sich auf das Kernkraftwerk Beznau, und im Zentrum der zwischen diesen beiden Kreisen liegenden Zone liegt das Kernkraftwerk Gösgen. Im Zentrum des nördlichsten Kreises liegt das französische Kernkraftwerk Fessenheim. Aus Gründen der Lesbarkeit wurde auf die Markierung des Territoriums um das Kernkraftwerk Leibstadt (in einer Entfernung von 6 km im Nordnordosten von Beznau gelegen) verzichtet. Die Kreise illustrieren, was die Auswirkung

³ Was das Messen der Distanz zwischen den Kernkraftwerke und den Städten angeht, haben wir die Funktion "Entfernung messen" von *Google Maps* benutzt und die Entfernungen so berechnet, dass wir bis zu einem Punkt gingen, ab dem ein wesentlicher Teil des bewohnten städtischen Gebiets (mindestens ein Viertel), das auf dem Satellitenbild zu sehen war, im einem Umkreis von 30 km oder 50 km (respektive) lag.

einer Sperrzone von 7'850 km² (Radius von 50 km) in der Schweiz bedeuten könnte, im Wissen, das dieses Gutachten auch die Auswirkung einer Sperrzone von 2826 km² (Radius von 30 km) abdeckt. Nach den Erfahrungen vergangener Katastrophen wird eine Sperrzone nicht eine strikt runde Form haben und könnte je nach Bewegung der Luftmassen Gebiete betreffen, die weiter entfernt von den oben markierten Kreisen liegen.

4 Internationaler Vergleich der Situationen in Bezug auf strategische Schwächen und potentielle Verletzlichkeit

Der internationale Vergleich der Verletzlichkeit der Länder mit Blick auf einen schweren Nuklearunfall berücksichtigt die eventuelle Schaffung einer Sperrzone von 30 und 50 km im Umkreis von jedem der 194 Kernkraftwerke. Er belegt den anhaltenden Druck auf das Land nach der Entstehung einer radioaktiven Wolke und die daraus resultierenden andauernden Ablagerungen in den Böden. Der gesundheitliche Aspekt des Durchzugs der radioaktiven Wolke ist wichtig, doch dieser Bericht interessiert sich vor allem für die strategische Dimension einer anhaltenden Sperrzone.

Ein internationaler Vergleich erfordert einen standardisierten Untersuchungsraaster, damit die Länder alle auf die selbe Art und Weise analysiert werden. Wir haben deren Situation untersucht, indem wir die wichtigsten strategischen Charakteristika der Umwelt der Kernkraftwerke in einem Umkreis von 30 respektive 50 km miteinander verglichen.

Zudem berücksichtigten wir vier verschiedene Kriterien, um den Rang der 194 zu definieren: 1. Territoriale Auswirkung einer Sperrzone im Verhältnis zur Grösse des Landes; 2. Auswirkung auf die umliegende Bevölkerung im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung des Landes; 3. Relative Bedeutung der städtischen Gebiete und deren Anzahl in einem Umkreis von 30 und 50 km, indem die Bevölkerung dieser urbanen Zonen in Bezug gesetzt wurden mit der Gesamtbevölkerung des Landes (Bevölkerungsansatz); 4. Relative Bedeutung der urbanen Zonen und deren Anzahl in einem Umkreis von 30 und 50 km, aufgrund eines Metropolen-Ansatzes, indem die Bevölkerung dieser städtischen Gebiete in Bezug gesetzt wurden mit der Bevölkerung der wichtigsten Metropole des Landes (siehe Auszug der Ergebnisse in der unten folgenden *Tabelle i*).

STRATEGISCHE SCHWÄCHE UND VERLETZLICHKEIT: Rang der 4 Schweizer Kernkraftwerke in Bezug auf ihre Nähe zu den wichtigsten urbanen Zonen des Landes (der Rang jeder urbanen Zone wird anhand der wichtigsten "Metropole" des Landes berechnet – Übertragung der Resultate von Tabelle 5 – Vergleich mit 194 KKW)							
Tabelle i: Verletzlichkeit der Schweiz	Bevölkerung: Urbane Zone (UZ)		Bevölkerung: Urbane Zone (UZ)		Bevölkerung: Urbane Zone (UZ)		Politische Verletzlichkeit der Eidgenossenschaft
	Rang 1		Rang 2		Rang 3		
Kernkraftwerk	Distanz zu KKW (km)		Distanz zu KKW (km)		Distanz zu KKW (km)		Übertragung der Ränge von Tab. 5 (von 194 Kernkraftwerken)
	<=30	31 bis 50	<=30	31 bis 50	<=30	31 bis 50	
	Anzahl UZ	Anzahl UZ	Anzahl UZ	Anzahl UZ	Anzahl UZ	Anzahl UZ	
Name	Rang 1	Rang 1	Rang 2	Rang 2	Rang 3	Rang 3	Rang
Beznau	Zh			Bs		Wint	1
Gösgen		Zh		Bs		Lu	7
Leibstadt		Zh		Bs		Wint	8
Mühleberg			Be*		Fr Ne Biel	Thun	11

Tabelle i: Die Schweizer Kernkraftwerke haben in einem Radius von 30 und 50 km ein strategisch sensibles Umfeld, was bedeutet, dass sie für das Land im internationalen Vergleich eine unverhältnismässig grosse Bedrohung darstellen.

Jedes der vier ausgewählten strategischen Merkmale ermöglicht eine Einstufung der 194 Kernkraftwerke. Aufgrund dieser vier Einstufungen zusammen lässt sich danach der Schlussrang für jedes einzelne Kernkraftwerk aufgrund der Verletzlichkeit seiner

strategischen Umgebung bestimmen. Die Vielfalt der Ansätze verleiht der Gesamtwertung eine gewisse Robustheit.

5 Resultate: Schlussrang

Auf den ersten drei Plätzen in der Gesamtwertung – siehe folgende *Tabelle ii* unten – liegen die Kernkraftwerke von Metsamor (Armenien) sowie Kuosheng und Jinshan (Taiwan) und das Kernkraftwerk Beznau (ex aequo an dritter Stelle). Auf den Rängen 5 und 6 folgen die Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt, auf Rang 7 liegt das Kernkraftwerk Doel (Belgien), auf Rang 8 folgt Mühleberg, auf Rang 9 das Kraftwerk Thange (Belgien).

Auf den Rängen 10 (Kanupp – Pakistan) und 11 (Pickering – Kanada) liegen Kernkraftwerke aus zwei grossen Ländern, in denen die Planer in erster Linie den Transportpreis von Strom reduzieren wollten, zum Nachteil der Sicherheit. Wie dem auch sei, Kraftwerke in kleineren Ländern können ein weniger hohes Risikopotential ausweisen. Die Kraftwerke von Krsko (Slowenien, Rang 14), Borssele (Niederlande, Rang 20) liegen in der Gesamtwertung weiter hinten. Diese beiden Elemente zeigen, dass die Grösse eines Landes nicht alles bestimmt, auch wenn sie eine bedeutende Rolle spielt.

Die Gesamtwertung könnte sich nach der Integration zusätzlicher Kriterien noch geringfügig verändern, ohne jedoch völlig auf den Kopf gestellt zu werden. Die Schweizer Kraftwerke dürften sich wahrscheinlich weiterhin unter den ersten 10 der 194 befinden – aufgrund ihrer Kapazität, eine Lage grosser Verletzlichkeit zu schaffen, zum Schaden des Landes, seiner Institutionen und seiner Bevölkerung.

STRATEGISCHE SCHWÄCHE UND VERLETZLICHKEIT: Verletzlichkeit von 31 Staaten im Fall eines schweren Unfalls der Stufe 7 auf der INES-Skala in einem ihrer in Betrieb stehenden Kernkraftwerke (insgesamt 194 Kernkraftwerke).								
<i>Tabelle ii:</i> Kopie von Tabelle 7 und Zusammenfassung der Tabellen 2, 3, 5, 6			Verletzlichkeit der Bevölkerung	Verletzlichkeit aufgrund des Territoriums	Rang der 194 Kernkraftwerke aufgrund ihrer Nähe zu den wichtigsten urbanen Zonen		Zusammenfassung der Verletzlichkeit	
			Prozent der Bevölkerung, die in einem Radius von 30 km Entfernung zu einem Kernkraftwerk lebt	Auswirkung einer Sperrzone von 2624 km ²	Hinweis: Rang jeder urbanen Zone hängt von der Bevölkerung jedes Landes ab (Ansatz: "nationale Bevölkerung)	Hinweis: Rang jeder urbanen Zone hängt von der Bevölkerung der wichtigsten Metropole ab (Ansatz: "Metropole")	Potentielle Verletzlichkeit, die jedes Kernkraftwerk nach sich zieht	Schlussrang: 1 = hohe Verletzlichkeit
Linie	Kernkraftwerk	Land	(s. Tabelle 2)	(s. Tabelle 3)	(s. Tabelle 5)	(s. Tabelle 6)	Kumulierte Ränge	
Zahl	Name	Name	Rang	Rang	Rang	Rang	Illustrativer Wert	Schlussrang
1	Metsamor	Armenien	1	2	2	2	7	1
2	Kuosheng	Taiwan	2	4	3	3	12	2
3	Jinshan	Taiwan	3	4	3	3	13	3
4	Beznau	Schweiz	6	5	1	1	13	3
5	Goesgen	Schweiz	7	5	8	8	28	5
6	Leibstadt	Schweiz	9	5	7	8	29	6
7	Doel	Belgien	5	3	9	14	31	7
8	Mühleberg	Schweiz	8	5	10	15	38	8
9	Tihange**	Belgien	10	3	12	20	45	9
10	Kanupp	Pakistan	15	21	5	5	46	10
11	Pickering	Kanada	13	27	5	5	50	11
12	Kori II / Kori	Südkorea	12	10	11	18	51	12
13	Bohunice	Slowakei	11	7	24	13	55	13
14	Krsko**	Slowenien	4	1	23	35	63	14
15	Mochovce	Slowakei	14	7	25	19	65	15
16	Neckarwestheim	Deutschland	21	15	14	17	67	16
17	Dukovany	Tschechien	16	8	16	29	69	17
18	Philippsburg	Deutschland	20	15	20	16	71	18
19	Darlington	Kanada	28	27	8	9	72	19
20	Borssele**	Niederlande	17	6	28	38	89	20
	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>	<i>Siehe Anhang</i>
193	Wolf Creek	USA	193	27	65	79	364	193
194	Bilibino	Russland	193	31	65	79	368	194

Tabelle ii ist eine Kurz-Kopie von Tabelle 7 und berücksichtigt die wichtigsten Resultate der Tabellen 2, 3, 5 und 6. Sie kombiniert die Ansätze, aufgrund derer die potentielle Verletzlichkeit eruiert wurde: Zahl der Menschen, die in der Nähe eines KKW leben (Tabelle 2), territoriale Auswirkungen (Tabelle 3), urbane Zonen in der Nähe von Kernkraftwerken (Tabellen 5 & 6). Der Schlussrang kann als robust betrachtet werden.

a) Die Primärdaten stammen von Declan Butler aus dem Magazin *Nature*: <http://www.nature.com/news/2011/110421/full/472400a.html>

** Kernkraftwerke, die urbane Zonen im Ausland bedrohen (Details zu diesen Kernkraftwerken: siehe Tabelle 4)

6 Resultate : Die Sicherheit aufgrund der Distanz von Kernkraftwerken zu urbanen Zonen (üblicher Standard) und die Situation in der Schweiz

Allgemein betrachtet kann eine sinnvolle Lokalisierung von Kernkraftwerken dazu beitragen, die Verletzlichkeit des Landes bei einem schweren Unfall einzuschränken. Die folgenden Resultate lassen einen impliziten Sicherheitsstandard (üblicher Natur) sichtbar werden, mit dem Ziel, Kernkraftwerke nicht in der Nähe von stark bewohnten Gebieten zu errichten, um die Verletzlichkeit des Landes zu mildern.

	▼ ÜBLICHE SICHERHEITSNORMEN ▼	▼ SACHVERHALT IN DER SCHWEIZ ▼
1.	Bei 130 Kernkraftwerken leben weniger als 400'000 Menschen die in einem Umkreis von 30 km (das sind 2/3 der Kraftwerke). Bei der Hälfte der Kraftwerke leben weniger als 222'000 Menschen in einem Umkreis von 30 km.	Bei Schweizer Kernkraftwerken leben in einem Umkreis von jeweils 30 km zwischen 1'027'780 Menschen (Beznau) und 817'983 Menschen (Leibstadt).
2.	In einem Umkreis von 30 km sind bei 5/6 aller Kernkraftwerke weltweit weniger als 1% der jeweiligen Landesbevölkerung exponiert.	Schweizer Kernkraftwerke exponieren zwischen 12,92% (Beznau) und 10,28% (Leibstadt) der Schweizer Bevölkerung.
3.	Im Fall, dass um die weltweit insgesamt 194 Kernkraftwerke eine Sperrzone mit einem Radius von 30 km (2826 km ²) verfügt würde, wäre bei 161 (5/6 der KKW's) weniger als 1% des jeweiligen Staatsgebietes betroffen.	Die Schweiz hingegen würde mehr 6,5% ihres Staatsgebiets verlieren.
4.	Bei 156 der insgesamt 194 Kernkraftwerke weltweit befindet sich – höchstens – eine Stadt von Rang 3 in einer Distanz von weniger als 30 oder 50 km vom KKW entfernt (ein Anteil von 4/5 – 80%).	Drei der Schweizer Kernkraftwerke haben – in einem Umkreis von 50 km – eine urbane Zone von Rang 1, eine von Rang 2 und eine von Rang 3, während das vierte Kraftwerk – im selben Umkreis – eine Stadt von Rang 2 hat (die auch die Hauptstadt ist) sowie vier urbane Zonen von Rang 3.
<p><i>Tabelle iii:</i> Betrachtet man die Art der potentiellen Verletzlichkeit, die sich aus den Kernkraftwerken weltweit ergibt, stellt nur eine Minderheit der Kraftwerke eine schwerwiegende strategische Bedrohung für das Land dar, in dem sie stehen. Das bedeutendste Element dieser Tabelle findet sich unter Punkt 4: 80% der Kernkraftwerke weltweit haben höchstens eine Stadt von Rang 3, die in einer Distanz von unter 30 oder 50 km Entfernung liegt. Die Schweizer Kernkraftwerke jedoch respektieren diese internationale Norm nicht, angesichts ihrer Mängel im Bereich der Verteidigung in der Tiefe bedeutet dies eine aussergewöhnliche strategische Schwäche.</p>		

7 Kommentar zur Kombination der beiden Sicherheits-Schwachstellen der Schweiz angesichts eines schweren Nuklearunfalls.

Es ist angebracht, die Angemessenheit der Sicherheitsstandards in Bezug auf Architektur und Technologie der neuen und alten Kernkraftwerke (Redundanz der Sicherheitssysteme, physische Trennung der Notfallsysteme, Verteidigung in der Tiefe) entsprechend dem geographischen Kontext und der relativen Bedeutung des "Gutes", das es zu schützen gilt, zu evaluieren.

Die internationale Praxis ist geprägt von der Distanz zwischen Kernkraftwerken und bedeutenden urbanen Zonen in Bezug auf die Grösse des Landes. Diese Verbindung ist real und üblicher Natur.

Die nicht automatische Ausrichtung der Sicherheitsnormen der alten Kernkraftwerke auf jene Normen, die für neue Kraftwerke gelten, könnte akzeptabel sein, wenn diese sich nicht in einer besonders anfälligen Umgebung (eine urbanen Zone von höchstens Rang 3) befinden und keine ausserordentliche Situation strategischer Schwäche ausweisen. Tatsächlich sind mehr als vier Fünftel der Kernkraftwerke nicht einem doppelten Risiko ausgesetzt.

Andererseits gehen Länder, die Kraftwerke älterer Bauart nicht vom Netz nehmen, in einem Kontext unüblich hoher strategischer Schwäche im internationalem Vergleich ein beträchtliches Risiko ein. Wenn man die Literatur offizieller Stellen zu dieser Frage überprüft und deren Schlussfolgerungen auf die Schweiz umsetzt, würde, im Fall eines schweren Nuklearunfalls, praktisch das ganze Land für unbestimmte Zeit (mehrere Jahrzehnte, oder länger) mit dem Katastrophengebiet identifiziert. Ein Situation strategischer Schwäche verschärft auch die Lage der Bevölkerung: Ein schwerer Nuklearunfall destabilisiert die politischen Institutionen, was in der Folge den Schaden der betroffenen Bevölkerung noch akzentuiert, da diese aufgrund der grossen Schwierigkeiten des Landes sich nicht mehr auf die nationale Solidarität verlassen könnte.

Es ist offensichtlich, dass Sicherheitsnormen, die auf die Kosten fokussieren, vorteilhaft für die finanziellen Interessen der Kernkraftwerks-Betreiber, nicht angebracht sind für Länder, die einer ausserordentlich hohen Verletzlichkeit ausgesetzt sind. Länder, die sich in einer strategisch schwachen Lage befinden – und die Verletzlichkeit ihres Territoriums kompensieren wollen, um die Sicherheitsnormen nicht zu unterlaufen – müssen ihre Sicherheitsanforderungen an jenen für neue Kraftwerke ausrichten, damit sie das gleiche inhärente Sicherheitsniveau haben, ein Niveau von Redundanz und Verteidigung in der Tiefe wie die neuen Kraftwerke. Es ist nicht vertretbar, "im Rahmen des Möglichen" Nachbesserungen vorzuschlagen, sondern man muss den Preis zahlen, um kein höheres Risiko einzugehen, als jene Länder, die auf strategischer Ebene am widerstandsfähigsten sind.

Die am stärksten gefährdeten Staaten müssen das Sicherheitsniveau der alten Kernkraftwerke auf das Niveau für neue Kraftwerke anheben (inklusive die physische Trennung der Sicherheitssysteme – was auch immer es koste). Und falls das nicht möglich ist, müssen sie ihre alten Kraftwerke möglichst rasch vom Netz nehmen. Nach der Katastrophe von Fukushima hat Deutschland 7 seiner Reaktoren (die am wenigsten betriebssicheren) endgültig abgestellt, während Japan alle seine Kernkraftwerke für mehrere Jahre abgestellt hat. Diese Vorgehensweise bedingt, dass die fehlende Energie durch Rationalisierungsmassnahmen, durch die Entwicklung alternativer Energien, oder auch durch den Bau neuer Kernkraftwerke ersetzt wird, falls das Problem der nuklearen Abfälle gelöst wird⁴.

8 *Politische und wirtschaftliche Aspekte dieser Situation der strategischen Schwäche*

In Bezug auf die Kosten eines Nuklearunfalls, haben wir zwei Studien des Bundesamts für Bevölkerungsschutz untersucht (1995 und 2003) und die damals dargelegten Kosten im Lichte von Untersuchungen in Frankreich (durch eine amtliche Stelle) und in Belgien (durch unabhängige Experten – nach methodologischen Standards der OECD für diese Art von Studien) nochmals angesehen.

Unseren Schätzungen zufolge würde ein schwerer Nuklearunfall Kosten in Höhe von 1000 Milliarden Franken (1'000'000'000'000.--) oder mehr nach sich ziehen, das heisst, ein Betrag der gleich oder grösser ist als 157% des Bruttoinlandprodukts der Schweiz (ein Verlust, der in Verhältnis mit den öffentlichen Schulden der Eidgenossenschaft, der Kantone und der Gemeinden – 34,5% des BIP – Zahlen von 2013), betrachtet werden sollte). Die Kosten

⁴ Die Frage der Endlagerung von radioaktiven Abfällen fällt nicht in den Bereich dieser Studie.

eines solchen Unfalls sind derart hoch, dass der Grundsatz der nationalen Solidarität nicht mehr funktionieren würde, um den Opfern zu Hilfe zu kommen,⁵ den vertriebenen Personen und jenen, die wegen des Unfalls ihre Stellen verlieren.

In Bezug auf den Versicherungsschutz ist eine Summe vorgesehen, die 0,23% des oben erwähnten Schadens abdecken würde, und diese Summe würde auf 0,13% sinken, falls ein schwerer Unfall durch ein aussergewöhnliches Naturereignis oder einen terroristischen Akt ausgelöst worden wäre.

Im Fall eines solchen Unfalls würden die Schweiz und ihre Produkte – landwirtschaftliche, aber nicht nur – trotz regionalen Unterschieden, in *ihrer Gesamtheit*, als Land, *identifiziert* mit der nuklearen Katastrophe auf ihrem Staatsgebiet. Es wäre das Debakel eines Landes, das bis zu diesem Zeitpunkt einen Spitzenruf genoss für seine Leistungen in den Bereichen Technologie (Biotech, Pharma, Mikrotechnologie), für sein Gesundheitswesen und seine Lebensqualität, es wäre ein Debakel, das diese Wirtschaftssektoren des Landes und andere (darunter die Vermögensverwaltung) nachhaltig beeinflussen würde. Ein einziger schwerer Nuklearunfall würde die Attraktivität des Landes für viele Jahrzehnte, oder noch länger, ruinieren. Zudem macht es Sinn, auch anzuführen, dass ein solcher Unfall pro Haushalt einen Wertverlust in Höhe von 284'000 Franken oder mehr verursachen würde. Die Schweiz würde rasch zu einem der ärmsten Länder Europas, sie würde in internationalen Gremien von ihrem Rang stark nach hinten rutschen, was einen systemischen Schock für all ihre Aktivitäten bedeuten würde.

Auf der politischen Ebene betrachtet befindet sich Beznau weniger als 50 km von 7 Kantonshauptstädten entfernt. Gösgen liegt weniger als 50 km von 8 Kantonshauptstädten entfernt, Leibstadt weniger als 50 km von 5 Kantonshauptstädten, Mühleberg weniger als 50 km von 5 Kantonshauptstädten, darunter Bern, das auch die Hauptstadt der Eidgenossenschaft ist. Ein Unfall in einem dieser Kraftwerke würde zwar nicht grosse Zerstörungen in allen Kantonshauptstädten verursachen, die sich in einem jeweiligen Umkreis von 50 km befinden, aber es würde sich die Frage nach dem Verschwinden von mehreren Schweizer Kantonen stellen, da deren politischer Betrieb auf unbestimmte Zeit praktisch unterbrochen wäre. Durch einen schweren Unfall könnte das Land physisch in zwei Teile zerschnitten werden (entlang seinen Hauptverkehrsachsen), was sein politisches Gleichgewicht tief und nachhaltig destabilisieren könnte. Diese bedeutende Destabilisierung in Bezug auf institutionelle und sprachliche Gleichgewichte würde durch die neue Armut des Landes noch verschärft, es könnten starke Ressentiments entstehen. Jeder wird sich seine Meinung machen, aber es ist nicht sicher, dass die Idee der *Schweizerischen Eidgenossenschaft* unter solchen Bedingungen lange Sinn machen würde.

9 *Schlussfolgerungen und Empfehlungen*

Dass einer der ältesten Kernreaktoren der Welt (Beznau), der vor etwa 50 Jahren aufgrund eines unterdessen veralteten Sicherheitskonzepts gebaut wurde, und der sich in der Nähe der wichtigsten Schweizer Metropole befindet, weiterhin in Betrieb ist, illustriert eine unverständliche Politik der nuklearen Sicherheit: 1. Das Land hat Kernkraftwerke, die nicht den modernsten Sicherheitskriterien entsprechen, die für neue Kraftwerke gelten (vor allem im Bereich der passiven Sicherheit). 2. Das Land zeigt im internationalen Vergleich ein sehr grosses Verletzlichkeitspotential, wenn es zu einem schweren Nuklearunfall kommt – sowohl auf politischer Ebene, angesichts seines Föderalismus¹ und des Zusammenlebens der drei Sprachgemeinschaften, wie auch wirtschaftlich und sozial, da jedes der Kernkraftwerke sich in der Nähe bedeutender urbaner Räume befindet.

⁵ Das französische Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (IRSN) macht sich für Frankreich wegen diesem Risiko Sorgen, einem Land, das grösser ist, und das seine Kernkraftwerke an geeigneteren Standorten erstellt hat als die Schweiz.

Anders gesagt, kommen die beiden oben erwähnten Mängel zusammen, bedeutet das, dass die schriftlich festgelegten und die nicht schriftlich festgelegten internationalen Sicherheitsnormen für gefährliche Einrichtungen nicht respektiert werden und ein beträchtliches strategisches Risiko eingegangen wird – zum Schaden des Landes, seiner Institutionen und der Bevölkerung. Wenn die Kernkraftwerke eines Landes zwei derart bedeutende Mängel auf sich vereinen, stehen die technischen Sicherheitsnormen, die bei den alten Kernkraftwerken ergriffen wurden, in keinem Verhältnis zur tatsächlichen Lage des Landes und liegen unter den erwarteten Standards (Unter-Dimensionierung).

Wenn ein Land besonders anfällig ist für einen schweren Nuklearunfall (mit all seinen Kernkraftwerken – unter diesem Blickwinkel betrachtet – unter den ersten 10 von 194), müssen seine Kernkraftwerke den Sicherheitskriterien für neue Reaktoren entsprechen. Falls dieses Land die Sicherheit seiner Kernkraftwerke nicht auf dieses Niveau anheben kann und es seine territoriale Integrität, seine politische Unabhängigkeit, seine Freiheiten, seinen Wohlstand und die physische und psychische Integrität seiner Bevölkerung als Güter betrachtet, die Schutz verdienen, muss es seine Kernkraftwerke abstellen und eine alternative Energiepolitik umsetzen.

Im Bereich Kernenergie zeigt sich ein kleines Land waghalsig und unverantwortlich, wenn es die Sicherheitsnormen anwendet, die für alte Kernkraftwerke in Ländern gelten, die viel grösser und angesichts eines schweren Nuklearunfalls widerstandsfähiger sind. Die Schweiz ist nicht allein in dieser Lage, aber es liegt in ihrem Interesse, da rasch heraus zu kommen.

* Ausgabe enthält nur die Zusammenfassung und Bibliographie *

10 LITERATURVERZEICHNIS

10.1 Gesetzgebung und offizielle Normen

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE, « Principes fondamentaux de sûreté n° SF-1 », *Normes de sûreté de l'AIEA*, 2007, 24 p.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE, « Evaluation de la sûreté des installations et activités N°GSR Part 4 », *Normes de sûreté de l'AIEA*, 2009, 42 p.

COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, *Recommandations 2007*, éditions de l'IRSN, 415 p.

CONFEDERATION SUISSE, *Loi sur l'énergie nucléaire*, (LENu – 732.1).

CONFEDERATION SUISSE, *Ordonnance du Conseil fédéral sur l'énergie nucléaire* (OENu – 732.11)

CONFEDERATION SUISSE, *Ordonnance du Conseil fédéral sur la radioprotection* (814.501)

CONFEDERATION SUISSE, *Ordonnance sur la Commission fédérale de sécurité nucléaire* (OCSN – 732.16)

CONFEDERATION SUISSE, *Ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires* (732.112.2)

10.2 Offizielle Berichte

CONFEDERATION SUISSE, *Rapport du groupe de travail sur la mesure IDA NOMEX 14 : vérification des scénarios de référence*, décembre 2013 (1^{er} avril 2014), 14 p.

CONFEDERATION SUISSE, *Concept de protection d'urgence en cas d'accident dans une centrale nucléaire en Suisse*, 23 juin 2015, 54 p.

INSPECTION FEDERALE DE LA SECURITE NUCLEAIRE, *Examen des scénarios de référence pour la planification d'urgence au voisinage des centrales nucléaires*, IDA NOMEX,

INSPECTION FEDERALE DE LA SECURITE NUCLEAIRE, *Rapport du groupe de travail sur la mesure IDA NOMEX 14 : vérification des scénarios de référence*, 2013 (2014), 16 p.

INSPECTION FEDERALE DE LA SECURITE NUCLEAIRE, (Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat), *Stellungnahme zur Studie „Risiko Altreaktoren Schweiz“*, 23 juin 2014, 45 p.

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETE NUCLEAIRE, *Examen de la méthode d'analyse coût-bénéfice pour la sûreté*, Annexe du rapport DSR n°157, Réunion du groupe Permanent chargé des Réacteurs nucléaires du 5 juillet 2007, pp.20-85.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience*, Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment', VIENNA, 2006, 165 p.

OFFICE FEDERAL DE L'ENERGIE, section Droit et sécurité, « Procédures d'autorisation en cours », 23 janvier 2006, 11 p.

OFFICE FEDERAL DE LA PROTECTION CIVILE, Katanos : Catastrophes et situations d'urgence en Suisse : une analyse comparative, 1995, 77 p.

OFFICE FEDERAL DE LA PROTECTION DE LA POPULATION, *Katarisk : Catastrophes et situations d'urgence en Suisse : une appréciation des risques du point de vue de la protection de la population*, 2003, 83 p.

Pascucci-Cahen Ludivine et Momal Patrick, « Massive radiological releases profoundly differ from controlled releases », *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire*, 2013, 7 p.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Source and Effects of Ionizing Radiation : ANNEX J : Exposures and effects of the Chernobyl accident, 2000, pp. 451-566. http://www.unscear.org/docs/reports/2000/Volume%20II_Effects/AnnexJ_pages%20451-566.pdf

THE NATIONAL DIET OF JAPAN, Kiyoshi Kurokawa, Katsuhiko Ishibashi, Kenzo Oshima, Hisako Sakiyama, Masafumi Sakurai, Koichi Tanaka, Mitsuhiko Tanaka, Shuya Nomura, Reiko Hachisuka, Yoshinori Yokoyama, *The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission*, 2012, 86 p.

10.3 Wissenschaftliche Artikel und Studien

Alexey V. Yablokov and Vassily B. Nesterenko, « Chernobyl Contamination through Time and Space », *Chernobyl : Consequences of the Catastrophe for People and the Environment*, Alexey v. Yablokov, Vassily B. Nesterenko, and Alexey V. Nesterenko, consulting Editor Janette D. Sherman-Nevinger, New-York Academy of Sciences (NYAS), 2009 (2011), pp. 5-30.

Brettner Mathias, Pistner Christoph, Kurth Stephan, Analyse der Ergebnisse des EU-Stresstest der Kernkraftwerke Fessenheim und Beznau Teil : Beznau, Öko-Institut, 2012, 130 p.

Butler Declan, « Reactors, residents and risk », *Nature*, 21 avril 2011, doi:10.1038/472400a <http://www.nature.com/news/2011/110421/full/472400a.html>

Kashparov Valery, « Risks of the potential irradiation », *Assessment of ecological risks caused by the long-living radionucléides in the environment*, NATO Security through Science, Series – C : Environmental Security, 2006 (2004),

Küppers Christian, Wesentliche sicherheitstechnische Schwachstellen des AKW Beznau, Öko-Institut e.V., D-Darmstadt, Brugg, 24. Juni 2014, 8 p.

Majer Dieter, «Risiko Altreaktoren Schweiz», Februar 2014, 44 p.

Majer Dieter, « Stellungnahme zur Aktennotiz des ENSI vom 23.6.14“, 2-07-2014, 9 p.

Martens Bart, Matters Smart, « L'impact économique d'une catastrophe nucléaire à Doel », décembre 2014, 5. p.

Martens Bart, Matters Smart, *De Economische Impact van een Kernramp in Doel*, Studie im opdracht van Greenpeace Belgium, 2014, 46 p.

Noiville Christine, *Du bon gouvernement des risques : le droit et la question du « risque acceptable »*, Presses Universitaires de France, 2003.

Thomas Reverdy, *Sociologie des organisations. Master. Sociologie des organisations*, Grenoble-INP, 2013, pp.160. <cel-00918864>

Ustohalova Veronika, Küppers Christian, Claus Manuel, *Untersuchung möglicher Folgen eines schweren Unfalls in einem schweizerischen Kernkraftwerk auf die Trinkwasserversorgung*, Öko-Institut e.V., 2014, 87 p.

10.4 Offizielle Webseiten

CONFEDERATION SUISSE, "Le Conseil fédéral adopte une révision totale de l'ordonnance sur la responsabilité civile en matière nucléaire", 25 mars 2015, <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=fr&msg-id=56671> (consulté juillet 2015)

EUROSTAT, « Population on 1 January, larger urban zone » (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=urb_lpop1&lang=en -recherche, janvier 2015).

INSPECTION FEDERALE DE LA SURETE NUCLEAIRE (IFSN), Centrale nucléaire de Beznau, <http://www.ensi.ch/fr/topic/centrale-nucleaire-de-beznau/>

INSPECTION FEDERALE DE LA SURETE NUCLEAIRE (IFSN), Centrale nucléaire de Mühleberg, <http://www.ensi.ch/fr/topic/centrale-nucleaire-de-muehleberg/>

INSPECTION FEDERALE DE LA SURETE NUCLEAIRE (IFSN), Centrale nucléaire de Gösgen, <http://www.ensi.ch/fr/topic/centrale-nucleaire-de-goesgen/>

INSPECTION FEDERALE DE LA SURETE NUCLEAIRE (IFSN), Centrale nucléaire de Leibstadt, <http://www.ensi.ch/fr/topic/centrale-nucleaire-de-leibstadt/>

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), IAEA (<http://www.iaea.org/sites/default/files/ines.pdf> – consulté 14-01-2015).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Annual report 2013*, Table A9: Nuclear power reactors in operation in the world (as of 31 December 2013) p. 113 (Data are from the Agency's Power Reactor Information System – PRIS - <http://www.iaea.org/pris>)

INTERNATIONAL MONETARY FUND, *World Economic Outlook Database*, October 2014

INSPECTION FEDERALE DE LA SECURITE NUCLEAIRE, « Mise hors service des centrales nucléaires » <http://www.ensi.ch/fr/installations-nucleaires/mise-hors-service-des-centrales-nucleaires/> (consulté mai 2015)

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, Indice suisse des salaires, (consulté juillet 2015). http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/03/04/blank/key/lohnentwicklung/nominal_und_real.print.html

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, Taille des ménages, données 2013, (consulté juillet 2015), <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/04/blank/key/01/05.html>

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, « Système économique – dette publique », donnée 2013, <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/02/ind32.indicator.71103.3208.html>, (consulté juillet 2015).

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, "Produit intérieur brut", donnée 2013, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/04/02/01/key/bip_nach_verwendungsarten.html (consulté juillet 2015)

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, "Etat de la population et évolution démographique", <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/02/blank/key/bevoelkerungsstand.html>, (consulté juillet 2015) (donnée 2014)

10.5 Zeitungsartikel und andere Quellen

Besson Sylvain, « *Crash Germanwings : Les pilotes de ligne ont tué des centaines de passagers depuis 1982* », Le Temps, 27 mars 2015.

CONNAISSANCES DES ENERGIES, Fondation d'entreprise créée à l'initiative du groupe ALCEN, <http://www.connaissancesdesenergies.org/sortie-irreversible-du-nucleaire-en-Allemagne>, consulté le 21 juillet 2014.

Wikipedia, « Avion de ligne », http://fr.wikipedia.org/wiki/Avion_de_ligne#_de_ligne_.C3.A0_r.C3.A9action_commercialis.C3.A9s – consulté 18 mai 2015)

Wikipedia, « Faibles doses d'irradiation », http://fr.wikipedia.org/wiki/Faibles_doses_d%27irradiation, consulté 15 mai 2015.

Wikipedia, « Nuclear Weapons Testings », http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_weapons_testing (consulté mai 2015)