Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 111 (2022)

Artikel: Am 29. Januar 1969 ereignete sich im Schweizer Versuchskernkraftwerk CNEL bei Lucens/VD ein schwerer Störfall

Autor: Völkle, Hansruedi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1005838

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Am 29. Januar 1969 ereignete sich im Schweizer Versuchskernkraftwerk CNEL bei Lucens/VD ein schwerer Störfall

Hansruedi Völkle
Prof. tit. i.R., Physikdepartement der Universität Freiburg

Am 29. Januar 1969 ereignete sich im Versuchskernkraftwerk Lucens im Schweizer Kanton Waadt ein schwerer Störfall. Dieser beschädigte die Anlage in einem Ausmaß, das einen Weiterbetrieb unmöglich machte. Das Werk musste endgültig stillgelegt und rückgebaut werden. Es kam jedoch zu keiner unzulässigen Strahlenexposition bei den Mitarbeitenden; ebenso waren die Auswirkungen auf Umwelt unbedeutend und die in der Nähe wohnende Bevölkerung war nie gefährdet. Damit endete jedoch auch der Traum der Schweiz, eine eigene Reaktorlinie zu entwickeln. Der Artikel beschreibt die Anlage und den Störfall, sowie dessen Auswirkungen auf Anlage, Mitarbeitende, die unmittelbare Umgebung und deren Bewohner.

Das Versuchs-Kernkraftwerk Lucens CNEL [WI06, PER82, ENUK12]

Beim waadtländischen Lucens, im Tal des Flusses Broye rund 25 km nordöstlich von Lausanne, errichtete in den Jahren 1962 bis 1968 ein Konsortium aus Schweizer Industriefirmen ein Versuchskernkraftwerk. Konzipiert wurde dieser Reaktor als Schweizer Eigenentwicklung in Zusammenarbeit zwischen dem damaligen *Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung* (EIR), in aargauischen Würenlingen, dem heutigen *Paul Scherrer Institut* (PSI), der *Eidgenössisch Technischen Hochschule* (ETH) in Zürich und einer Arbeitsgemeinschaft der Schweizer Industrie, mit den Firmen *Brown, Boveri & Cie.* in Baden, *Sulzer AG* in Winterthur und *Escher Wyss & Cie* in Zürich.

Es handelte sich um einen schwerwassermoderierten und CO_2-gekühlten Druckröhren-Reaktor mit einer thermischen Leistung von 30 MW_{th} (6 MW_{el}). Er wurde mit schwach angereichertem Uran ($^{235}U/U_{nat} = 0.96\%$) in Brennelementhüllen aus einer Magnesium-Zirkon-Legierung betrieben.

«Jedes der 73 Brennelemente verfügte über einen eigenen Druckbehälter. In diesen Druckröhren zirkulierte das Kühlgas Kohlendioxid (CO_2), welches die mit der Kernspaltung

erzeugte Energie über einen Wärmetauscher an einen Sekundärkreislauf abgab. Das im Sekundärkreislauf erhitzte Wasser wurde auf eine Dampfturbine gelenkt, die ihrerseits einen Stromgenerator antrieb. Die 73 Druckröhren standen in einem mit schwerem Wasser (D_2O) gefüllten Moderatortank. Das schwere Wasser diente dazu, die für die Kernspaltung nötigen Neutronen auf das gewünschte Maß zu bremsen („moderieren"). Die Konstruktion der CNEL erlaubte eine kompakte Bauweise des Reaktors mit einem vergleichsweise kleinen Containment. Als Containment diente eine ungefähr 60 Zentimeter dicke Wand aus Aluminium, Asphalt und Beton, mit der die Reaktorkaverne ausgekleidet war.» [ENUK12]

Die Anlage befand sich in zwei unterirdischen Felsenkavernen, die eine für den Reaktor, die andere als Maschinenhalle für Turbine und Generator. Deren Abschluss gegen außen wurde durch zwei Schleusenkammern sichergestellt. Die Felsenkavernen befanden sich in der bewaldeten, nordwestlichen Flanke des Broye-Tals, südwestlich des Dorfes Lucens. Die Wässer dieses Flusses fließen über Murten- und Neuenburgersee in die Aare und dann in den Rhein. Durch einen 130 Meter langen Zugangsstollen war die unterirdische Anlage mit den äußeren Betriebsgebäuden verbunden, in denen Kommandoraum, elektrische Installationen, Werkstätten, Labors und Büros untergebracht waren. Die Abluftanlage mit dem Abluftkamin befand sich auf dem Hügel 80 m über dem Reaktor (s. Abb. 4.1 und folgende). Am 10.5.1968 wurde der Reaktor erstmals kritisch. Der Betriebe der Anlage lag in der Verantwortung des Energieversorgers Energie Ouest Suisse (EOS) in Lausanne.

Der Störfall vom 29. Januar 1969 [PER82, ENUK12]

Nach den Inbetriebnahme-Versuchen konnte die Anlage wären drei Monaten ohne Schwierigkeiten mit maximaler Leistung betrieben werden und produzierte Strom. Nach einer Revisionsphase von ebenfalls drei Monaten wurde der Reaktor am frühen Morgen des 21. Januar 1969 wieder angefahren. Nach ungefähr 13 Stunden, um 17h20 bei einer Reaktorleistung von 12 MW, also bei erst 40% der nominellen Leistung, ereignete sich dann der Störfall mit Kühlmittelverlust, über den hier berichtet wird. Durch eine automatische Schnellabschaltung (SCRAM) wurde der Reaktor sofort außer Betrieb gesetzt und damit auch die nukleare Kettenreaktion gestoppt.

Gemäß den zur Verfügung stehenden Dokumenten war Kondenswasser der primäre Auslöser des Störfalls und dieser war das ...

«. .... Resultat des Zusammenwirkens mehrerer einzelner, nicht zwangsläufig gekoppelter Faktoren.» [ENUK12]

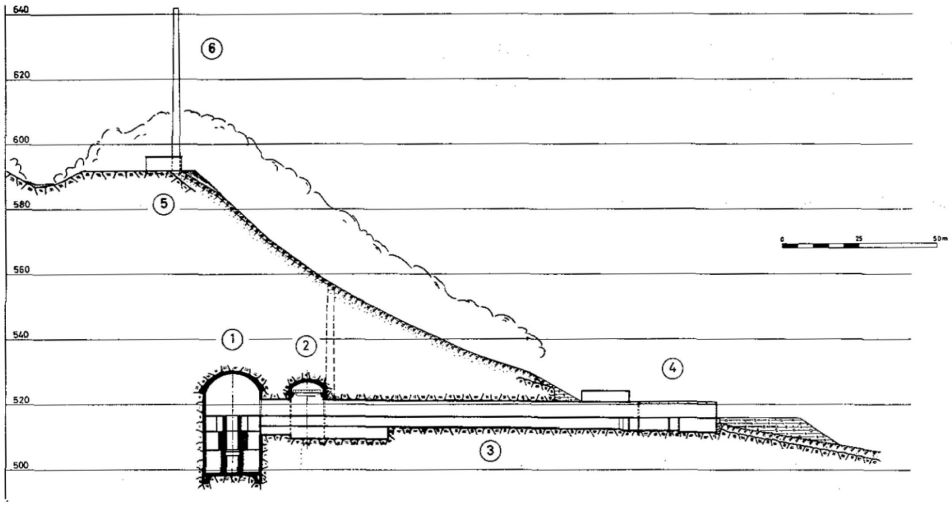


Abbildung 4.1 – *Schnittbild des Standortes der CNEL in Lucens/VD. Der Fluss Broye und die Straße Lucens-Moudon-Lausanne befindet sich rechts außerhalb des Bildes. Quelle [PER82]. Legende : (1) Reaktorkaverne, (2) Maschinenhalle, (3) Zugangsstollen, (4) Betriebsgebäude, (5) Abluftanlage, (6) Abluftkamin.*

Dieses Kondenswasser konnte, vermutlich wegen einer undichten Wellendichtung am Hauptumwälzgebläse für das Reaktorkühlmittel (CO_2), in den Primärkreis eindringen. Dort sammelte es sich im unteren Teil der aus einer Magnesiumlegierung bestehenden Hüllenrohre der Brennelemente an und führte dann während der drei-monatigen Stillstandzeit zu Korrosion. Die Korrosionsprodukte verstopften in der Folge einigen der Brennstoffkanäle. Die dadurch verminderte Kühlung führte zur Überhitzung beim am stärksten korrodierten Brennelement Nr. 59. Bei anfänglich 600°C kam es zum Schmelzen von Magnesium und Uran bei den sieben Brennstoffstäben des betroffenen Brennelementes, was schließlich einen Brand mit der Explosion eines Druckrohres bei 50 bar auslöste. Der Kontakt zwischen flüssigem Metall und schwerem Wasser verursachte eine zweite Explosion.

> *«Der Druckstoß führte zum Festklemmen der – zu diesem Zeitpunkt bereits eingefallenen – Steuerstäbe, tangierte hingegen nicht die (durch verstärkte Kalandriarohre) besonders geschützten Sicherheitssteuerstäbe.»* [ENUK12]

Die Berst-Membranen am Moderator-Tank brachen, wodurch Kohlendioxid-Kühlmittel, 1100 kg schweres Wasser, sowie geschmolzenes radioaktives Material in Form von Spaltprodukten und Tritium (Halbwertszeit 12.3 a) in die Reaktorkaverne austreten konnten. Die automatische Reaktorüberwachung löste um 17h20 eine Schnellabschaltung durch Einfahren aller Steuerstäbe

(SCRAM) aus, der die Reaktoroperateure im Kommandoraum alarmierte. Aufgrund des schnellen Druckabfalls im Primärkreis, der Abnahme des Schwerwasserpegels und des hohen Druckes im Moderator-Tanks schlossen sie auf einen Kühlmittelverluststörfall (LOCA) und vermuteten eine teilweise Kernschmelze [PER82].

Auswirkungen in der Anlage [PER82, ENUK12]

An sich sollte die Reaktorkaverne durch die Zugangsschleuse dicht gegen außen abgeschlossen sein. Gegen 17h50 erwies sich jedoch, dass das Containment der Reaktorkaverne doch nicht absolut dicht war, denn es wurde ein Anstieg der Radioaktivität festgestellt.

> *«Im Zuge des Bewilligungsverfahrens machte die KSA (Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen) der Bauherrin verschiedene Auflagen. Sie verlangte beispielsweise die Durchführung von Druck- und Dichtheitsversuchen für die Reaktorkaverne. Als Messungen die gewünschte Dichtheit später nicht bestätigte, wurde eine Notfallabluftanlage mit Aktivkohlefiltern installiert. Sie schuf die Voraussetzung, die Emissionsgrenzwerte auch bei extremen Unfällen mit großer Reserve einzuhalten. »* [ENUK12]

Eine Minute nach dem SCRAM war die Intensität der Gamma-Strahlung in der Reaktorkaverne auf mehr als 1 Sv pro Stunde angestiegen, nahm dann allerdings in der Folge rasch wieder ab. Ein Betreten der Reaktorkaverne war aufgrund des hohen Strahlenpegels zu diesem Zeitpunkt nicht mehr möglich, und zusätzlich auch, weil dort die CO_2-Konzentration auf gefährliche 25% angestiegen war. Zum Glück war – entgegen einer anfänglichen Befürchtung – zu diesem Zeitpunkt niemand in der Reaktorkaverne. Der Verantwortlichen des Strahlenschutzes erinnerte sich auch später noch gut daran, wie er mit Bangen auf die telefonische Bestätigung wartete, dass sich die gesuchte Person nicht mehr in der Reaktorkaverne befand :

> *«Die Ungewissheit dauerte ungefähr drei Minuten, die ich nicht so leicht vergessen werde. »* [PER82]

In der Folge breitete sich die Luftkontamination auf sämtliche unterirdischen Anlagen aus, dann auch auf den Kommandoraum, die Telefonzentrale, das radiochemische Messlabor und schließlich auf das ganze Betriebsgebäude. Um ein Entweichen der Kontamination in die Umwelt zu vermeiden, wurde die Belüftungsanlage ausgeschaltet. Gegen 22h00 zeigten die Messgeräte in der Maschinenkaverne 0.5 bis 1 Sv/h, im Zugangstollen 0.4 bis 0.8 mSv/h, im Kommandorau 0.15 bis 0.5 mSv/h und im Messlabor 0.05 bis 0.1 mSv/h. Durch Halbwertszeit-Messungen konnte auf das Edelgas ^{88}Kr (Halbwertszeit

2.8 h) und dessen Tochter ^{88}Rb (Halbwertszeit 17.8 min) geschlossen werden. Dies wurde später durch Gamma-Spektroskopie an Abluftfiltern auch bestätigte. Das als radiologisch gefährlich geltende Jod (^{131}I Halbwertszeit 8 d) konnte somit ausgeschlossen werden. Nach erst 13 Stunden Betrieb hätte sich im Reaktor ohnehin erst wenig radioaktives Jod bilden können.

Das Personal musste nun so lange Gasmasken tragen und regelmäßig durch Duschen dekontaminiert werden, bis nach Bewilligung durch die Behörden die Anlage gelüftet und die Hauptventilation am 23.1.1969 um 12h00 wieder in Betrieb gesetzt werden konnte. Obwohl die Kaverne des Reaktors und auch weitere Gebäudeteile kontaminiert waren, kam es, wie die folgende Tabelle zeigt, zu keiner unzulässigen Bestrahlung bei den Mitarbeitern. [PER82]

Dosis-Bereich [mSv]	$0-0.1$	$0.1-0.2$	$0.2-0.5$	$0.5-1.0$	$1.0-1.5$
Anzahl Mitarbeiter	48	3	16	2	1

Auswirkungen auf die Umgebung

Da befürchtet wurde, dass durch die undichten Stellen der Kaverne, insbesondere durch den Entlüftungskamin und das Drainagesystem, bereits Radioaktivität nach draußen gelangt war, wurde um 18h30 der Alarmausschuss der *Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität* (KUER) mit seiner Überwachungszentrale in Payerne/VD benachrichtigt. Diese informierte um 19h00 weitere Behörden. Am folgenden Morgen wurde auch der für das *Eidgenössische Departement des Innern* (EDI) verantwortliche Bundesrat (Minister) unterrichteten, gleichzeitig auch die Presse. Eine zweite Pressemitteilung erfolgte am 23.1.1969 [JB69, PER82].

Zwei Mitarbeiter des Labors der KUER in Fribourg unternahmen während der ganzen Nacht Messfahrten durch die umliegenden Dörfer, konnten aber nur einen sehr geringen Anstieg an Radioaktivität feststellen, der weit unter den entsprechenden Strahlenschutz-Grenzwerten lag. Die freigesetzte Aktivität bestand fast ausschließlich ($> 99.9\%$) aus dem kurzlebigen ^{88}Rb (Halbwertszeit 17.8 min.) und dessen Mutternuklid, dem radioaktiven Edelgase ^{88}Kr (Halbwertszeit 2.8 h). Dies konnte allerdings erst bestätigt werden, nachdem diese beiden Isotope durch Gamma-Spektrometrie an Luftfiltern eindeutig identifiziert wurden. Zur Zeit des Störfalles war Windstille mit einer schwachen Tendenz zur Biese, also Winde aus Nordosten. Zuerst wurden nur Gesamt-Beta-Messungen an Luftfilter aus der Nahumgebung vorgenommen und diese zeigten für den südwestlich der Anlage liegenden Ort Bussy-sur-Moudon um 20h50 Werte bis knapp über 100 Bq/m^3. Falls diese Aktivität aus radioaktivem Jod (^{131}I Halbwertszeit 8 Tage) bestanden hätte – was zum Glück nicht der Fall war – entspräche dies der höchstzulässigen

Konzentration für die Atemluft von Berufstätigen bei einer Dauerexposition. Zwei Stunden später hatte der Messwert bereits auf praktisch den Nullwert abgenommen. Luftproben von fünf weiteren Messpunkten ergaben weniger als 37 Bq/m^3 [JB69].

Von weiteren in der Umgebung dieses Ortes zwischen 23h30 und 02h00 entnommene Proben – u.a. Wischproben von Hauswänden, Treppengeländern, Wohnwagen, sowie Gras- und Gemüseproben – zeigte nur eine Luftprobe eine messbare Radioaktivität von 37 Bq/m^3. Die Aktivität einer um 23h00 beim Eingang der CNEL-Gebäude erhobenen Luftprobe mit 1700 Bq/m^3 konnte, aufgrund der Abnahme der Aktivität auf weniger als ein halbes Prozent nach 1$^2/_3$ Stunden, ebenfalls dem Isotop ^{88}Rb (Halbwertszeit 17.8 min.) zugeordnet werden. Auf einem Filter aus der Abluftüberwachung im Kamin wurden, nebst Spaltprodukten wie ^{132}Te (Halbwertszeit 3.2 d), ^{140}Ba (Halbwertszeit 12.7 d), ^{137}Cs (Halbwertszeit 30.2 a), auch Spuren von ^{239}Pu (Halbwertszeit 24‘100 a) mittels Alpha-Spektrometrie nachgewiesen : 1.9 Bq/m^3 am 21./22.1.1969 und 0.5 Bq/m^3 am 24./25.1.1969 [JB69]. Der Jahresbericht der KUER von 1969 kommt in Bezug auf die radiologischen Auswirkungen dieses Störfalls zum Schluss ...

> *« ... dass der Unfall für die umliegende Bevölkerung absolut ungefährlich war.»* [JB69]

Zur gleichen Beurteilung kommt auch der abschließende Untersuchungsbericht der Aufsichtsbehörde :

> *«Die Dosis zufolge der Abgabe von Tritium ist mit höchstens 5 mrem (0,05 mSv) geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlendosis der Bevölkerung, die im Gebiet von Lucens rund 100 mrem (1 mSv) pro Jahr ausmacht. .... Die Strahlendosen zufolge des Zwischenfalles liegen damit im Bereich der Schwankungen der natürlichen Strahlendosen, wie sie an einem Ort beobachtet werden.»* [ENUK12]

Ableitungen von Radioaktivität

Am 22.1.1969 wurde von den Behörden die Entlüftung der Räume in der Kaverne über den Abluftkamin bewilligt, ebenso am 25.1.1969 auch die Ableitung von 18‘500 GBq Tritium (500 Ci) an den Fluss Broye. Vorgängig musste allerdings sichergestellt werden, dass dadurch die gültigen Vorschriften nicht verletzt wurden. In den anschließenden Jahren wurden die folgenden Aktivitätsmengen als radioaktive Abwässer kontrolliert in den Fluss Broye eingeleitet [JB69] :

Jahresableitungen	1969	1970	1971	1972	1973
Tritium [GBq/Jahr]	375	0	0	0	0
Spalt-Produkte : Ges.-β [MBq/Jahr]	4710	533	1631	1050	52
Jahresableitungen	1974	1975	1976	1977	1978
Tritium [GBq/Jahr]	0	0	0	0	0
Spalt-Produkte : Ges.-β [MBq/Jahr]	16	6.5	4	3	1.6

Untersuchung des Zwischenfalls, Rückbau und Entlassung aus der nuklearen Gesetzgebung

Zehn Jahre nach dem Unfall in der CNEL von Lucens wurde von der *«Kommission für die Untersuchung des Zwischenfalles im Versuchs-Atomkraftwerk Lucens»* (UKL) unter Leitung von Andreas Fritzsche, dem damaligen technischen Direktor des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung EIR in Würenlingen, der Schlussbericht über den Störfall Lucens und dessen Ursachen vorgelegt [ENUK12]. Nach heutiger Einschätzung müsste dieser Störfall der INES-Stufe [1] 4 oder 5 zugeordnet werden. Aus dieser Analyse seien einige Kernsätze zitiert :

> *«Die wiederholten Probleme an den Dichtungen der Umwälzpumpen seien durch Hersteller wie Betreiber des Versuchskraftwerks zwar wahrgenommen, allerdings in ihren Auswirkungen unterschätzt worden : „Weder der Reaktorlieferant noch die Betriebsequipe und ihr Sicherheitskommitee schätzten die Gebläseschwierigkeiten als ein Problem ein, das die Sicherheit des Betriebs beeinträchtigen könnte“, schreibt die UKL in ihrem Bericht. Das eindringende Wasser sei nicht als sicherheitsrelevantes Problem, sondern lediglich als „unangenehme Betriebsstörung“ eingeschätzt worden. Eine „Fehlbeurteilung“, wie die UKL im Rückblick feststellte.»* [ENUK12].

Der Bericht enthält auch einen Vorwurf an die Sicherheitskommission :

> *« ...So habe die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) nicht bemerkt, dass die CNEL-Arbeitsgemeinschaft Lucens die Dichtheitsprüfungen der Reaktorkaverne nicht korrekt vorgenommen hatte, was*

1. Bei der INES-Skala (International Nuclear and Radiological Event Scale) handelt es sich die 7-stufige Bewertungsskala für Störfälle in Kernanlagen, aber auch für Unfälle bei Transport, Lagerung und jeglicher Anwendung von radioaktivem Material und Strahlungsquellen. Diese Skala wurde durch die IAEA eingeführt. Die schweren Reaktorkatastrophen von Tschernobyl und Fukushima wurden als INES 7 eingestuft.

beim Unfall dann zur Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt führte. » [ENUK12].

Die Sicherheit der gesamten Anlage wurde von der UKL aber als ausreichend bewertet :

> *«Die KSA hielt in ihrer Stellungnahme zum UKL-Bericht von 1979 fest, der eingetretene Unfall habe deutlich innerhalb der Grenzen des Auslegungsstörfalls gelegen.* » [ENUK12].

> *«Das Reaktorschutzsystem reagierte auf den Unfall mit Abschalten des Reaktors und Schließen der Reaktorkaverne. Alle Sicherheitsvorrichtungen funktionierten ordnungsgemäß. Die Schutzhülle der Reaktorkaverne sei auf einen Unfall ausgelegt gewesen, der wesentlich größer gewesen sei als der tatsächlich erfolgte. Das Containment habe sich außerordentlich bewährt.* » [ENUK12].

In den folgenden Jahren wurde die Kaverne dekontaminiert und der Reaktor rückgebaut. Diese Arbeiten konnten Ende 1974 abgeschlossen werden :

> *«Die bei Demontage und Zerlegung anfallenden radioaktiven Abfälle wurden in rund 230 Standardfässer gefüllt, beim Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung EIR konditioniert und von diesem entsorgt [i.e. zur Entsorgung vorbereitet]. Größere aktivierte oder kontaminierte Komponenten wurden zerlegt, in sechs Stahlbehälter verpackt und luftdicht eingeschweißt, ebenfalls die gut 60 kg Uran aus dem stark beschädigten Brennelement 59. 1991/93 wurde die Anlage definitiv stillgelegt, die Reaktorkaverne und weitere Teile mit Beton verfüllt und ein Entwässerungssystem eingerichtet* » [ENUK12].

Die letzten radioaktiven Abfälle wurden 2003 entfernt und in das neben dem *Paul Scherrer Institut* (PSI) befindliche *Zwischenlager Würenlingen* AG (ZWILAG) für radioaktive Abfälle verbracht. Nach vollständiger Demontage konnte die Anlage 1996 vom Schweizerischen Bundesrat (Regierung) aus der nuklearen Gesetzgebung entlassen werden. Das *Bundesamt für Gesundheit* (BAG) erhielt den Auftrag, die aus der Kaverne evakuierten Sickerwässer noch während 30 Jahren auf Radioaktivität zu überwachen. Die äußeren Gebäude der CNEL Lucens werden seither vom archäologischen Dienst des Kantons Waadt als Lager für Kulturgüter *(Dépot et abri des biens culturels)* benutzt [ENUK12].

Überwachung der Sicherwässer aus der Anlage in den Jahren nach dem Störfall

Die in den Jahren nach dem Störfall durchführten Messungen an den Sicherwässern aus dem Sammelbehälter, aus dem die Abwässer der CNEL in den Fluss Broye eingeleitet werden, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst [JB69].

Jahre	^{137}Cs (HWZ 30.2 a) Bq/Liter	^{90}Sr (HWZ 28.9 a) Bq/Liter	Tritium (^{3}H ; HWZ 12.3 a) Bq/Liter
1969 - 1980	4 – 1600	1 – 3700	1000 – 26‘000
1981 - 1995	0.5 – 44	< 0.3 – 4	60 – 19‘000
1996 – 2012	< 0.5 – 1.5	< 0.005 – 0.13	10 – 25 (∗)
2012 – 2020	< 1.5	< 0.009	4 – 8

(∗) Außer die nachfolgend erwähnte, punktförmige Erhöhung zwischen Ende 2011 und Frühjahr 2012

Kurzzeitige Erhöhung der Tritium-Aktivität zwischen Ende 2011 und Frühling 2012

Im Zeitraum Ende 2011 bis Frühjahr 2012 wurden beim Sickerwasser aus der Anlage der CNEL eine kurzzeitige Erhöhung der Tritium-Aktivität festgestellt. Diese wurde vom BAG zum Anlass genommen, die Überwachung zu intensivieren, u.a. durch eine kontinuierliche Probenahmeeinrichtung. Das Bundesamt für Gesundheit informierte darüber wie folgt :

> *«Bei der in den folgenden Jahren durchgeführten Überwachung der Ableitungen von Sicherwässern aus der Kaverne an den Fluss Broye wurde seit Ende 2011 eine erhöhte Konzentration des radioaktiven Isotops Tritium gemessen. Die Konzentration im Sickerwasser erreichte einen Wert von bis zu 230 Becquerel pro Liter (Bq/Liter). Dieser Wert liegt deutlich unter dem Grenzwert der Schweizer Strahlenschutzverordnung StSV von* 12‘000 *Bq/Liter. Für Umwelt und Bevölkerung besteht deshalb kein Grund zur Besorgnis. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) verfolgt die Situation und die Entwicklung aufmerksam und wird entsprechende Maßnahmen ergreifen. Gemessen werden die Cäsiumisotope* ^{137}*Cs und* ^{134}*Cs, sowie das Kobaltisotop* ^{60}*Co, Tritium-*^{3}*H und Strontium* ^{90}*Sr. Zwischen 2001 und 2010 wurde in den Wasserproben durchschnittlich eine Tritiumkonzentration von 15*

Bq/Liter gemessen. Seit 2010 gab es vereinzelt leicht erhöhte Werte. Signifikant zugenommen haben die Werte aber erst seit Ende 2011 (bis zu 230 Bq/Liter). » [BU12].

Aus dem Jahresbericht des BAG für 2012 ist zu entnehmen, dass in den folgenden Jahren keine weitere erhöhte der Tritiumaktivität mehr festgestellt wurde und es sich somit um ein singuläres Ereignis handelte, dessen Ursache jedoch nicht eruiert werden konnte :

> *«Die [ab April 2012] an Wasserproben aus dem Fluss Broye bestimmten Tritium-konzentrationen lagen immer unter 3 Bq pro Liter. Von den 23 Proben von Wasserpflanzen und Sedimenten aus der Broye oberhalb und unterhalb der Einleitungsstelle zeigte nur eine Stichprobe von Wasserpflanzen eine leicht erhöhte* ^{137}*Cs-Aktivität von 1 Bq/kg Trockenmasse. Es wurden auch Messungen von organisch gebundenem Tritium an Wasserpflanzen durchgeführt. Alle Aktivitätswerte lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 2 Bq/kg Trockenmasse.»* übersetzt aus [ESF12].

Fazit aus der Sicht des Betriebsstrahlenschutzes

Für Bewältigung des Reaktorunfalles in der CNEL von Lucens erwiesen sich die folgenden Voraussetzungen als ausschlaggebend [PER82] :

— Ein System von dauernd – auch unter Ausnahmebedingungen – einsatzbereiten, redundantes Messsystemen mit entsprechend großen Messbereich für alle relevanten Reaktorparameter.

— Eine strikte und eineindeutige Zugangs-Kontrolle zum Innern der Anlage.

— Disziplin und Fähigkeit zur Teamarbeit beim Personal und beim betriebsinternen Strahlenschutz.

— Eine eingespielte Zusammenarbeit mit Behörden, sowie mit den externen Laboratorien und Messequipen.

— Das Team des Werkes muss in der Lage sein, bis zum Eintreffen von Verstärkung, autonom und autark für die Sicherheit von Personen innerhalb und außerhalb zu sorgen.

Schlussbemerkungen

Der Traum von der Entwicklung einer eigenen Schweizer Reaktorlinie endete jedoch nicht erst mit dem Störfall CNEL in Lucens, sondern wurde bereits während der Bauphase begraben. Einerseits erwiesen sich Leichtwasserreaktoren (sowohl als PWR wie auch als BWR) mit schwach angereichertem Uran als technisch einfacher und ausgereifter, als das für Lucens

gewählte Reaktorkonzept und zudem wurden bereits damals schlüsselfertige Reaktoranlagen von amerikanischen Firmen angeboten. Schon während der Bauphase zog sich *Sulzer* aus dem Projekt zurück und 1965 bestellten dann die *Nordostschweizerischen Kraftwerke* (NOK) bei der amerikanischen Firma *Westinghouse* zwei schlüsselfertige Kernkraftwerke. Diese, mit Druckwasserreaktoren von je 365 MW_{el} ausgerüsteten Anlagen, waren für das geplante Kernkraftwerk auf der Aare-Insel Beznau in Döttingen/AG bestimmt. Unsere Elektrizitätswirtschaft wollte damals nicht länger den unsicheren Ausgang einer Schweizer Eigenentwicklung abwarten, weil sie dringend eine Erhöhung der Stromproduktion benötigte. Im Nachhinein erwies sich auch der Betrieb einer Kernanlage in einer unterirdischen Kaverne als weniger vorteilhaft, als ursprünglich aus sicherheitstechnischen Überlegungen angenommen wurde. Einerseits ist eine Kavernenanlage für Arbeiten, wie Ein- und Ausbau von Komponenten, beengend und andererseits muss infolge von Haarrissen im Betonmantel – der die Anlage gegen die Felsenkaverne abschließt – häufig mit ein-dringenden Sickerwässern gerechnet werden, was zusätzliche Maßnahmen erfordert.

Bibliographie

[JB69] Jahresberichte der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) ab 1969 und ab 1989 die entsprechenden Berichte des Schweizer Bundesamtes für Gesundheit (BAG) zu *Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz.*

[WI06] TOBIAS WILDI : *Der Traum vom eigenen Reaktor : Die Schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969.* Monografie, ETH Zürich – Research Collection, 2003.

[PER82] C. PEROTTO : Probleme des Strahlenschutzes beim Zwischenfall im Versuchsreaktor Lucens am 21. Januar 1969. In Strahlenschutz am Arbeitsplatz, Bericht der Tagung vom 17.- 19.5.1972 in Kernforschungszentrum Karlsruhe, KFK 1638, vom Mai 1982 ; Seiten 51-56.

[BU12] Bundesamt für Gesundheit : Ehemalige Reaktorversuchsanlage Lucens : Tritiumwert in Ent-wässerungsanlage erhöht. Medienmitteilung vom 4.5.2012. admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-44057.

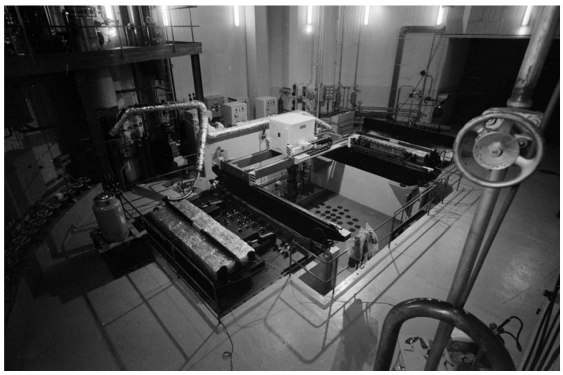
[ENUK12] Eidgenössisches Nuklearinspektorat (ENSI) : *Serie Lucens : Ausführliche Analyse des Unfalls* (31. Mai 2012). www.ensi.ch/de/2012/05/31/serie-lucens-ausfuehrliche-analyse-des-unfalls/.

[ESF12] S. ESTIER, P. FROIDEVAUX et al. : *La surveillance radiologique du site de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens.* In : Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz. Jahres-bericht 2012, Bundesamt für Gesundheit, Bern, Juli 2021. bag.admin.ch/bag/de/home/das-bag/publikationen/taetigkeitsberichte/jahresberichte-umweltradioaktiviaet.

Anhang

Anhang 4.1 – *Der Standort (Außenanlagen) der CNEL an der Kantonsstrasse von Lucens/VD nach Moudon/VD. (Bild : ENSI-Webseite)*

Anhang 4.2 – ***Modell*** *des Reaktors der CNEL. (Bild : ENSI-Webseite)*



Anhang 4.3 – ***Blick*** *in die Reaktorkaverne der CNEL. (Bild : ENSI-Webseite)*

Anhang 4.4 – *Geborstenes Brennelement des Reaktors der CNEL. (Bild : ENSI-Webseite)*