

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 87 (1995)
Heft: 3-4

Artikel: Zuverlässige, wirtschaftliche Stromproduktion für über eine Million Menschen
Autor: Erne, Leo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940399>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.04.2025

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

spiel Zunahme der Wasserdrücke in der Kontaktfuge), so beginnt die Mauer zu gleiten und stützt sich auf dem Fels auf der Luftseite der Mauer ab. Dabei öffnen sich die Brüche auf der Luftseite der Mauer. Der Mechanismus kann sich also ändern, je nach Haftung der Mauer auf dem Fels. Solche Phänomene hätten, sollten sie auftreten, eindeutig mit den bisherigen Messungen erfasst werden müssen.

In Bild 20 sind gemessene und gerechnete Horizontalverschiebungen des Mauerfusses in See-Tal-Richtung dargestellt. Auf die Magnituden der Verschiebungen soll hier nicht eingegangen werden. Wichtig für die Beschreibung des Verformungsmechanismus ist, dass sich bei der Berechnung ebenfalls eine starke Zunahme der Verformungen ab einer Staukote von rund 1890 m ü.M. manifestiert.

Dies kann folgendermassen erklärt werden: Bis zu dieser Staukote ist die resultierende Reaktionskraft der Mauer auf den Fels steiler geneigt als der Fallwinkel der Brüche. Übersteigt der Seestand die Kote von 1890 m ü.M., so ist die Neigung der Reaktionskraft der Mauer flacher geneigt als die Brüche im Gebirge. Das Gebirge kann sich nun in einer Art «Toppling»-Mechanismus verformen, und die Deformationen nehmen stark zu.

Adresse der Verfasser: *Patrick Eyer*, dipl. Ing ETH; *Christian Moor*, dipl. Ing ETH, M.S.C.E; Dr. *Bastian Otto*, dipl. Ing. ETH, PhD, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Abteilung Projektierung Hydraulische Anlagen, Parkstrasse 23, CH-5401 Baden.

Überarbeitete Fassung eines Vortrages, der an der jährlichen Tagung des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren im September 1994 in Disentis gehalten wurde.

Zuverlässige, wirtschaftliche Stromproduktion für über eine Million Menschen

Leo Erne

Das leistungsstärkste Kraftwerk der Schweiz (1030 Megawatt) produziert seit zehn Jahren Strom. Am 15. Dezember 1984 nahm das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) den Dauerbetrieb auf. Bezüglich Verfügbarkeit, Produktivität und Umweltbelastung präsentiert sich die Bilanz des ersten KKL-Jahrzehnts erfreulich.

Die den zwölf an Leibstadt beteiligten Partner-Aktionären zur Verfügung gestellte Nettoproduktion betrug im Mittel pro Jahr bis heute 7,40 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Dies entspricht rund $\frac{1}{6}$ des jährlichen Verbrauchs der Schweiz; Strom für über eine Million Menschen kommt aus Leibstadt. Die bislang produzierten 74 Milliarden kWh hätten gereicht, um den Jahresbedarf des Aargauischen Elektrizitätswerks (AEW) zwanzigmal zu decken.

Hohe Verfügbarkeit

Pro Jahr gab die Anlage im Schnitt während 7670 Stunden Strom ans Netz ab, somit während 87,5% der möglichen Zeit. Die Arbeitsverfügbarkeit (Verhältnis der effektiv verfügbaren zur theoretisch möglichen Produktion) betrug 86,2%.

Der grösste Teil der «nicht geleisteten Arbeit» geht mit 11,9% zu Lasten der Jahresrevision mit Brennelementwechsel, die aus energiewirtschaftlichen Gründen stets auf den Sommer angesetzt wird. Nur 1,18% sind eigentlichen Störungen zuzuschreiben. Als Störungen werden ungeplante, automatische Abschaltungen und kurzfristig geplante Betriebsunterbrüche für Reparaturen bezeichnet. Die noch fehlenden 0,72% sind auf geplante Leistungsreduktionen und die Verschlechterung des Wirkungsgrades zur warmen Jahreszeit zurückzuführen.

Betriebssicherheit gewährleistet

Reaktor und Turbine sind im KKL wie bei anderen Kernkraftwerken mehrfach abgesichert. Bei geringsten Störungen, oft auch nur bei Störfehlsignalen, reagiert das Schutzsystem auf die «sichere Seite» durch Abschalten der

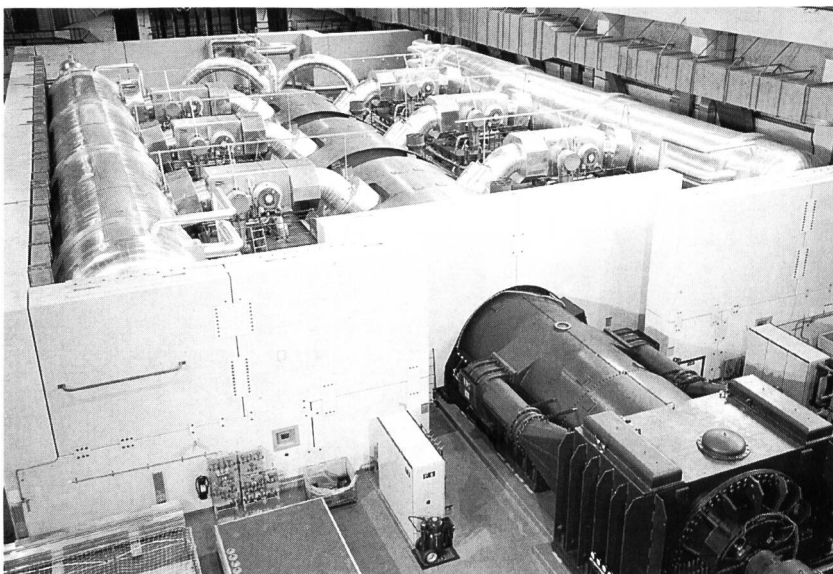


Bild 1. Kernkraftwerk Leibstadt. Blick ins Maschinenhaus, im Vordergrund der Generator, hinter der Abschirmmauer die Turbine mit Niederdruck- und Hochdruckteil.

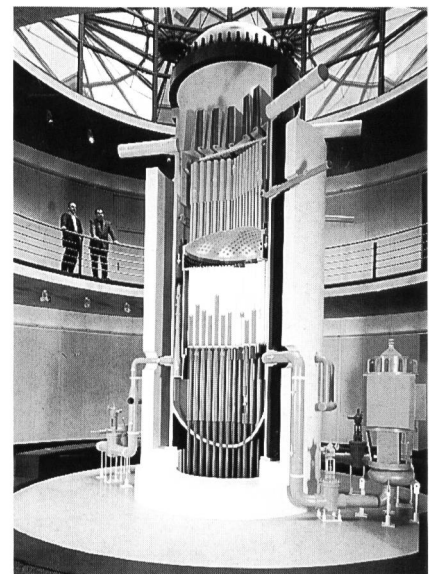


Bild 2. Informationszentrum: Modell des Reaktors Leibstadt, der in Wirklichkeit dreimal grösser ist (6 m im Durchmesser und 22 m hoch).

Anlage. Keine der automatischen Abschaltungen in den zehn Betriebsjahren tangierte die Sicherheit. Die meisten Auslöserursachen lagen zudem nicht im Reaktor-, sondern im Turbinen- und Hilfsanlagenbereich.

Die Anlage hat sich ausnahmslos erwartungsgemäss verhalten, somit also «richtig» reagiert. Automatische Abschaltungen führen zu unterschiedlichen Reaktionen. Aus technischer Sicht sind sie Beweis für das Funktionieren der Sicherheitssysteme. Bei der Bevölkerung können sie umgekehrt Fragen auslösen, weil der Dampf plötzlich ausfällt und im ersten Moment die Art der Störung unbekannt ist. So unangenehm ungewollte Betriebsunterbrüche für Betreiber und Bevölkerung sind, sie lassen sich niemals gänzlich eliminieren. Die Anwendung der Technik ist von der Sache her mit Störungen verbunden. Wichtig ist aber, dass Sicherheitssysteme zur Verfügung stehen, damit Unregelmässigkeiten beherrscht werden. Die ungeplanten Unterbrüche haben sich mit zunehmender Betriebserfahrung ebenso verringert wie die der Aufsichtsbehörde zu meldenden Ereignisse im Betrieb.

Brennstoffvergleich eindrücklich

Brennstoff in Leichtwasserreaktoren ist durch komplizierte physikalische und chemische Prozesse angereichertes Uran, aus dem die Brennstäbe und die Brennelemente gefertigt werden, wobei ein Brennelement neueren Typs 96 Brennstäbe (Hüllrohre) enthält. Der Leibstadter Reaktor-kern umfasst 648 Brennelemente. Im Rahmen der bisherigen Jahresrevisionen wurden 1348 abgebrannte Brennelemente entladen. Für die bislang insgesamt 2006 eingesetzten Brennelemente mussten 368 Tonnen leicht angereichertes Uran eingesetzt werden. Das Transportgewicht einer Jahresnachladung inklusive Verpackung beträgt rund 50 Tonnen. Ein Kohlekraftwerk mit gleicher Jahresproduktion würde rund 4000000 Tonnen/Jahr erfordern. Die Gesamtkosten der neuen Brennelemente belaufen sich pro Jahr auf rund 43 Millionen Franken (ohne Entsorgung).

Radioaktivität unter Kontrolle

Das Kernkraftwerk Leibstadt hat den Leistungsnachweis erbracht und die Funktionstüchtigkeit unter Beweis gestellt. Wie sieht die Bilanz betreffend Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umgebung aus? Eine Frage, welche die Bevölkerung am meisten interessiert.

Nicht allein der technische Betrieb untersteht einer strengen Überwachung durch Bundesbehörden, auch die Abgaben werden von eidgenössischen Instanzen ständig kontrolliert, wobei strenge Limiten gelten. Die Grenzwerte sind so festgelegt, dass über alle Freisetzungspfade (Abwasser, Abluft) und unter Berücksichtigung der Nahrungsmittelkette keine Person ausserhalb des Werkes – auch bei ungünstigem Zusammentreffen aller Faktoren – mehr als 0,2 Milli-Sievert (mSv) pro Jahr aufnehmen kann.

Alle Abgabewerte lagen über das erste Jahrzehnt hinweg unter der tiefen gesetzlichen Limite, nämlich im Bereich von wenigen Prozenten. Die Aussage, dass kein Mensch in der Umgebung eines KKW einer Bestrahlung von mehr als 0,1 Milli-Sievert (mSv) zusätzlich ausgesetzt ist, gilt ohne Einschränkung auch für Leibstadt. Die natürliche Strahlung liegt in der Standortgemeinde bei 1 Milli-Sievert (mSv)/Jahr.

Die guten Erfahrungen bezüglich radioaktiver Abgaben beruhen auf dem einwandfreien Funktionieren der Abgas- und Abwasserreinigungsanlagen. Die Reinigungssysteme sind so ausgelegt, dass die Anlage ohne Auswirkungen nach aussen auch mit einer kleinen Zahl von defekten Brennelementen sicher und ohne Belastung der Umwelt

betrieben werden kann. Festzuhalten ist in diesem Zusammenhang ferner, dass die Meinung, eine automatische Reaktorabschaltung führe immer zu einer momentan erhöhten Aktivitätsabgabe, nicht zutrifft.

Strom für neun Rappen pro Kilowattstunde

Die durchschnittlichen Stromgestehungskosten betragen 9Rp./kWh. Sie setzen sich wie folgt zusammen: 2¼ Rp. entfallen auf den Brennstoff, 4½ Rp. auf Zinsen, Rückstellungen sowie Abschreibungen und 2¼ Rp. auf Betriebskosten.

Die wirtschaftliche Bedeutung des KKL untermauern folgende Zahlen: Pro Jahr werden Aufträge von etwa 100 Millionen Franken (ohne Brennstoff!) an Gewerbe, Industrie und an den Dienstleistungssektor vergeben. Rund 10 Millionen Franken müssen jährlich für Steuern und Gebühren aufgebracht werden. Zudem wurden bis heute 800 Millionen Franken für die nukleare Entsorgung bereitgestellt.

KKL beschäftigt 392 Personen, rund 14 % von ihnen sind Grenzgänger. Während der Jahresrevision kann die anfallende Arbeit nicht vom eigenen Personal allein bewältigt werden. Darum werden gewisse Revisionsarbeiten an Komponenten und Systemen an die Lieferfirmen vergeben, und das eigene Personal wird von geeigneten Fachleuten oder Hilfskräften anderer Unternehmen verstärkt. Je nach Revisionsumfang und Nachrüstungen können dann 500 bis 800 Personen zusätzlich im Kraftwerk tätig sein.

Im KKL-Informationszentrum, mit einer neuen Ausstellung seit dem Frühjahr 1994, waren seit der Eröffnung im Jahre 1974 rund 250000 Personen zu Besuch. Die Auseinandersetzung mit dem Thema Kernkraft ist gefragt.

Die Akzeptanz der Anlage in der Standortregion ist beeindruckend. Die Ausstiegsinitiative (September 1990) wurde in der Gemeinde Leibstadt mit 91,0 % Nein-Stimmen verworfen, und auch in den Nachbargemeinden lagen die Nein-Anteile bei 63,5 bis 83,5 %.

Unterwegs in die Zukunft

Nach dem Bezug des neuen Ausbildungs- und Informationszentrums im Frühjahr 1994 stellt die Inbetriebnahme eines eigenen Simulators in der ersten Hälfte des Jahres 1995 einen nächsten wichtigen Schritt dar. Diese Investitionen dienen der weiteren Förderung des bereits hohen Ausbildungsstandards des Personals.

Der Umbau der Niederdruckturbinen während der Revision 1994 hatte eine Wirkungsgradverbesserung der Anlage und die Steigerung der elektrischen Leistung von 990 auf 1030 Megawatt (MW) zur Folge. Aus technischer Sicht beansprucht das Gesuch um Erhöhung der thermischen Leistung von bisher 3138 auf neu 3600 MW das Hauptinteresse. Das Gesuch wurde 1992 eingereicht.

Der Entscheid des Bundesrates wird Anfang Herbst 1995 erwartet. Die spätere elektrische Nettoleistung dürfte nach der Leistungserhöhung etwas über 1100 MW liegen.

Im Zeitraum November/Dezember 1994 nahm ein Expertenteam der Internationalen Atom-Energie-Agentur (IAEA) die KKL-Betriebsführung unter die Lupe. Der provisorische Schlussbericht, vorgelegt bei der Abreise am 8. Dezember 1994, stellt dem Werk Leibstadt ein gutes Zeugnis aus. Die Empfehlungen der ausländischen Fachleute werden analysiert und umgesetzt. KKL will auch künftig durch alle Massnahmen einerseits den Stand der Technik halten, andererseits bezüglich Ausbildung und Betriebsführung stets das Maximum herausholen.

Adresse des Verfassers: Leo Erne, Informationsbeauftragter Kernkraftwerk Leibstadt, CH-4353 Leibstadt.