

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93 (1975)  
**Heft:** 40

**Artikel:** Gebündeltes Licht für das Anreichern von Spaltstoffen  
**Autor:** Dallibor, Klaus  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72832>

### **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:** 30.01.2025

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

## Stabilisieren des Tragwerkes

Nach dem Hochziehen und endgültigen Verankern der fertigen Seilnetzkonstruktion am Ringfundament werden die Aufhänge- und die Meridianseile in vertikaler Richtung bis auf eine Kraft von 72 MN (7200 Mp) vorgespannt. Zu diesem Zweck wird man zusätzlich zwölf weitere Hubpressen mit je 5 MN (500 Mp) Hubkraft auf der Mastspitze installieren. Gleichzeitig werden über Umlenkkräfte in den Netzknoten die Schrägseile so vorgespannt, dass die gesamte Konstruktion ihr rechnerisches Tragverhalten erreicht.

Horizontale Windkräfte werden von dem vorgespannten Tragwerk in das Ringfundament geleitet. In der stati-

schen Berechnung sind nach DIN 1055 Windgeschwindigkeiten bis 45 m/s und Einzelböen bis 55 m/s berücksichtigt. Bei Windstärke 12 wird noch eine 1,5fache Tragsicherheit vorhanden sein.

Prinzipiell ist die gesamte Konstruktion, die bisher einmalig in der Welt ist, unempfindlich gegen Bergsenkungen und Erdbeben. Man rechnet, dass der gesamte Kühlturmbauteil im Frühjahr 1976 fertiggestellt sein wird und die wärmetechnischen Ausrüstungen bis zum Herbst des gleichen Jahres installiert sind, so dass eventuell noch Ende 1976 der Seilnetzühlturm seiner Bestimmung übergeben werden kann.

## Gebündeltes Licht für das Anreichern von Spaltstoffen

DK 621.039

Die Erfolgsaussichten der Kernenergie als einer der wichtigsten Energiequellen der Zukunft hängen weitgehend von einem technisch und vor allem wirtschaftlich nutzbaren Verfahren zur Uran-Anreicherung ab. Dies gilt jedenfalls für die bisher verwendeten Reaktor-Typen. Natürlich vorkommendes Uran enthält zu weniger als einem Prozent das spaltbare Uran-Isotop U-235. Um aber weniger in den gegenwärtig erfolgreichsten Reaktor-Typen, den Leichtwasserreaktoren, eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion zu erzielen, muss der Anteil an spaltbarem Uran auf mindestens 3% angereichert werden. Dies geschieht heute überwiegend nach dem sogenannten Diffusionsverfahren.

Jüngste Erfolge amerikanischer Wissenschaftler bei der Uran-Anreicherung mit Hilfe von energiereichem Laserlicht haben aber auch dieses Urantrennverfahren erneut in den Vordergrund gerückt. Erstmals gelang es Forschern im Lawrence Livermore Laboratory in Kalifornien, experimentell 0,004 g auf rund 3% angereichertes Uran in etwa zwei Stunden herzustellen.

Wie der Physiker Sam Tuccio jetzt berichtete, konnte somit die Anreicherungsarbeit um das Zehnmillionenfache gegenüber früheren Versuchen gesteigert werden. Die Wissenschaftler hatten das angereicherte Uran in einem als «zweistufige Photoionisation» bezeichneten Prozess mit Hilfe eines Xenon-Lasers und eines Krypton-Lasers erzeugt.

Ob die Laser-Methode mit den bisher üblichen Verfahren in Diffusionsanlagen oder Zentrifugen konkurrieren kann, lässt sich zur Zeit kaum beurteilen. Problematisch ist weitgehend nicht die Technik solcher Anlagen, sondern vor allem ihre Finanzierung.

Von den mehreren Dutzend theoretisch möglichen Verfahren haben jedoch nur wenige eine echte Chance:

Das Diffusionsverfahren wird seit rund 20 Jahren erfolgreich von den Amerikanern angewendet. Unter französischer Führung wird gegenwärtig auch in Europa eine multilaterale Anlage (EURODIF) gebaut, die 1978 mit der Produktion beginnen soll. Bei diesem Verfahren wird die unterschiedliche Wanderungsgeschwindigkeit der Isotope durch feinporige Membranen zur Trennung ausgenutzt.

Das Zentrifugenverfahren wurde dagegen bisher im Westen kommerziell noch nicht genutzt, obwohl Zentrifugen-Prototypen bereits während des Zweiten Weltkrieges geprüft wurden. Die USA und Japan arbeiten verstärkt an dieser Technik. Grossbritannien, die Niederlande und die Bundesrepublik Deutschland wollen nach einem 1970 unterzeichneten Vertrag ihre Forschungen koordinieren und drei Pilotanlagen bauen. Die erste von ihnen soll 1975 ihre volle Kapazität erreichen. Die Trennung wird erreicht, indem man die in ihrer Masse unterschiedlichen Isotope in einem schnell rotierenden Zylinder den Zentrifugalkräften aussetzt.

Gute Aussichten billigen Experten auch dem Trenndüsenverfahren zu, das Wissenschaftler und Techniker im Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelten. Vor allem Länder, die eigenes Natururan besitzen (Australien, Kanada, Südafrika, Brasilien) scheinen an dieser Methode interessiert zu sein.

Die Isotopentrennung nach dem Laserverfahren beruht darauf, dass die Emissions- und Absorptionsspektren verschiedener Isotope eines Elements geringfügige Unterschiede aufweisen. Durch diese Verschiebungen ist es grundsätzlich möglich, mit schmalbandigen Lichtquellen, also Lasern, Atome und Moleküle isotopenselektiv anzuregen. Da sich Atome und Moleküle im angeregten Zustand chemisch und physikalisch anders als im Normalzustand verhalten, ist eine Trennung der Isotope möglich. Eine ähnliche Methode wurde schon 1952, lange vor der Entdeckung des Lasers, bei der Trennung von Quecksilber-Isotopen angewendet.

Die Lasertechnik hätte, falls sie sich im industriellen Massstab auch auf Uran und seine Verbindungen anwenden liesse, beträchtliche Folgen für den Kostenfaktor bei der Anreicherung von Uran und somit letztlich für den gesamten nuklearen Brennstoffzyklus.

Der Energiebedarf für die Urananreicherung könnte erheblich vermindert werden. Die Diffusionsmethode benötigt etwa 2500 kWh/kg Urantrennbarkeit (UTA); selbst bei den heutigen schwachen Lasern aber würde der Energiebedarf auf unter 100 kWh/kg UTA zurückgehen.

Die Investitionskosten für die Anreicherungsanlage wären bedeutend geringer. Im Diffusionsverfahren sind zur Erzeugung von Kernbrennstoff mit einer Konzentration von 3% an spaltbarem Uran-235 über 1000 Anreicherungsstufen erforderlich. Nach der Lasermethode könnte im Prinzip jede Anreicherungsstufe in nur einem Arbeitsgang erreicht werden.

Die Uranvorkommen liessen sich besser ausnutzen, weil nach dem Laserverfahren das Uran um mindestens das Zehnfache weiter abgereichert werden kann, als dies in Diffusions- oder Zentrifugen-Anlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich ist. Nach amerikanischen Berechnungen würde sich bei einem durchaus realistischen Anreicherungsgrad von 0,03% Uran-235 der Uranbedarf der USA zwischen 1980 und 2000 um etwa 46% vermindern. Die Einsparungen der westlichen Industrieländer im gleichen Zeitraum würden nach diesen Berechnungen rund 100 Mrd \$ betragen.

Vor diesem Hintergrund wird verständlich, dass man dem Laserverfahren weltweit die grösste Aufmerksamkeit schenkt. In Frankreich, Grossbritannien, Israel und in der Sowjetunion wird intensiv an dem Verfahren gearbeitet, die USA stellen dafür 1975 mehr als 10 Mio \$ zur Verfügung (1974: 1,5 Mio).

In den Forschungslaboratorien Los Alamos und Livermore befassen sich jeweils etwa 70 Wissenschaftler mit der Lasertechnik. Die amerikanische Exxon Nuclear Corporation plant den Bau einer Pilotanlage mit einer Kapazität von 200 t UTA bis zum Jahre 1979. Auch in der Bundesrepublik werden seit 1971 mit Unterstützung der Bundesregierung Grundlagenuntersuchungen durchgeführt.

Dennoch beurteilen Wissenschaftler gegenwärtig die Möglichkeit einer Anwendung der Lasertechnik im grossen In-

dustriemass meist skeptisch. Die Erzeugung von Urandampf geeigneter Dichten stösst auf erhebliche Schwierigkeiten, und über die selektive Anregung von Uranmolekülen wurde bisher – zum Teil wegen der militärischen Geheimhaltung – nichts publiziert. Für die photochemische Isotopentrennung von Uranverbindungen, die im Vordergrund des Interesses steht, müssten vor allem auch leistungsstärkere Laser entwickelt werden.

Klaus Dallibor

## Der Bau von Kernkraftwerken in der Schweiz im Jahre 1974

DK 621.039

Die beiden Kernkraftwerke Beznau I und II (je 350 MW) der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) und das Kernkraftwerk Mühleberg (306 MW) der Bernischen Kraftwerke AG (BKW) erzeugten im Jahre 1974 6716 Mio kWh, das heisst rund einen Fünftel der in der Schweiz verbrauchten Elektrizität. Dank ihrem zuverlässigen Betrieb und ihrer hohen Verfügbarkeit sind die drei Anlagen zu einem wichtigen Eckpfeiler der schweizerischen Stromproduktion geworden, ohne dessen Existenz unsere Volkswirtschaft in der heutigen Form und der erreichte Lebensstandard nicht mehr denkbar sind.

Trotz dieser Tatsache intensivierte sich im vergangenen Jahr der Widerstand gegen den Bau weiterer Kernkraftwerke, geschürt durch eine geschickte Propaganda einiger rühriger Gruppen von aktiven Atomgegnern. Die von den Massenmedien oft in sensationeller Aufmachung verbreiteten Meldungen über Zwischenfälle in ausländischen Kernkraftwerken trugen zur Verunsicherung der Bevölkerung bei. Die zunehmende Radikalisierung, Emotionalisierung und Verpolitisierung der Opposition erschweren einen sachlichen Dialog. Die objektive Aufklärung der verantwortlichen Kreise kommt gegen Emotionen nicht an. Es wird kaum zur Kenntnis genommen, dass auf der ganzen Welt über hundert Kernkraftwerke in Betrieb stehen und ständig weitere dazukommen. Dass die Kernenergie – wie alle neuen Techniken – unter gewissen Kinderkrankheiten leidet, bestreitet niemand. Doch die bei einigen Kernkraftwerken in Erscheinung getretenen Mängel und Defekte erhalten eine Publizität, die in keinem Verhältnis zu den tatsächlichen Schäden und zur Publizität in anderen Bereichen der Technik steht. Dabei wird einfach verschwiegen, dass bei keinem dieser Zwischenfälle je eine Gefährdung der Bevölkerung bestand, und dass die nukleare Sicherheitsbilanz der Kernkraftwerke nach wie vor ausgezeichnet ist.

Nach dem Bau der drei ersten schweizerischen Kernkraftwerke Beznau I und II und Mühleberg gab es wegen der rechtlichen Streitigkeiten um die Bewilligungszuständigkeit für die weiteren Kernkraftwerkprojekte grosse Verzögerungen. Dank der Urteile des Bundesgerichtes im Baupolizeiverfahren Kaiseraugst vom Jahre 1973, in denen klar festgehalten wurde, dass die Kompetenz des Bundes im Gebiet der Kernenergie auf Grund von Art. 24<sup>quinquies</sup> der Bundesverfassung eine ausschliessliche ist, wurde diese Periode des Stillstandes überwunden. Für die eidgenössischen Bewilligungsbehörden ergaben sich allerdings durch den Rückstau beträchtliche Probleme, sind sie doch nicht in der Lage, mehrere Projekte gleichzeitig zu begutachten. Deshalb mussten Prioritäten gesetzt werden.

Als erstes erhielt das Kernkraftwerk Gösgen-Däniken grünes Licht. Diese Druckwasserreaktoreinheit von 920 MW elektrischer Leistung wird im Auftrage der Partnergesellschaft «Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG» von der deutschen Kraftwerk Union (KWU) erstellt. Die Bauarbeiten

während des ganzen Jahres 1974 planmässig voran, und mit der Inbetriebnahme wird für den Herbst 1977 gerechnet. Bis dahin besteht die Möglichkeit, dass bei schlechter Wasserführung und in kalten Wintern unter Umständen *Stromrationierungen* nicht zu umgehen sind.

Für das Kernkraftwerk Leibstadt konnten 1974 die vorbereitenden Arbeiten auf dem Standort abgeschlossen werden, insbesondere der Aushub von 1 Mio m<sup>3</sup> Erdmaterial. Auch sind schon verschiedene Komponenten in Fabrikation. Der Hauptteil der Siedewasserreaktoranlage von 942 MW wird durch das Konsortium Brown Boveri/General Electric schlüsselfertig erstellt. Die Inbetriebnahme ist für den Winter 1979/80 vorgesehen. Die kommunale Baubewilligung für das Kernkraftwerk Kaiseraugst wurde im Juni 1974 rechtskräftig. Bereits am 9. April 1974 wurde der Vertrag zwischen der Kernkraft AG und dem Konsortium Brown Boveri/General Electric/CEM/Sogerca für die Lieferung dieser Siedewasserreaktoreinheit von 925 MW unterzeichnet. Die Vorbereitungsarbeiten werden intensiv vorangetrieben. Die erste nukleare Teilbaubewilligung wird für 1976 erwartet.

Im Frühjahr 1974 beschloss der Verwaltungsrat der Bernischen Kraftwerke AG, dem Konsortium Brown Boveri/General Electric eine Kaufabsichtserklärung für die schlüsselfertige Erstellung des Kernkraftwerkes Graben-I, einer Siedewasserreaktor-Anlage von 1140 MW, abzugeben. Ende 1974 wurde die generelle kantonale Baubewilligung erteilt. Die BKW sehen die Gründung einer Partnergesellschaft mit anderen Elektrizitätswerken vor. Der Zeitpunkt des Baubeschlusses hängt unter anderem vom Fortgang des laufenden Bewilligungsverfahrens ab.

Das Projekt Rütli der NOK verzögerte sich 1974 insbesondere wegen der noch nicht abgeschlossenen Gespräche mit Oesterreich weiter. Bekanntlich besteht im Vorarlberg eine lautstarke Opposition gegen den Bau dieser Anlage. Von der Seite der nuklearen Sicherheit und der Auswirkungen des Kühlturms steht dem Standort Rütli nichts im Wege, doch hat ihm die Eidg. Natur- und Heimatschutzkommission aus Gründen des Landschaftschutzes nicht zugestimmt. Es wird deshalb Sache der politischen Behörden sein, in Abwägung aller zu würdigenden Gesichtspunkte einen Entscheid zu treffen.

Im Frühjahr 1974 erhielt die SA l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS) vom Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement die Bewilligung des Standortes Verbois für den Bau eines Kernkraftwerkes von 800 bis 1100 MW mit direkter Flusswasserkühlung. Danach wurde die Anlage zur Angebotsunterbreitung ausgeschrieben.

Hinsichtlich des Kernkraftwerkprojektes Inwil, das von den Centralschweizerischen Kraftwerken (CKW) gefördert wird, ist zu melden, dass die Einzonung des Geländes im März 1974 rechtskräftig geworden ist. Das Gesuch um die Standortbewilligung wurde eingereicht.