Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 60 (1968)
Heft: 4-5

Artikel: Wasserwirtschaftliche Probleme bei Atomkraftwerken
Autor: Märki, Erwin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921086

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: 11.07.2025

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

— 1958. Zur limnologischen Erforschung des Zellersees in Salzburg. Wasser und Abwasser, Bd. 1958, 18—101.
— 1966. Die limnologischen Verhältnisse des Zellersees, seine Verunreinigung und Sanierung. Föderation Europäischer Gewässerschutz, Symposium Salzburg, September 1966.
Lüönd, H. 1966. Der Urnersee (Manuskript).
Merlo, S. und Mozzi, C. 1963. Ricerche limn. sul. Lago di Garda. Arch. Oceanogr. Limn. (Venezia), 13/1: 1—124.
Monod, R. 1966. Rapport concernant l'évolution physico-chimique des eaux du Léman, campagne 1965. Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman et du Rhône contre la pollution; Lausanne.
Morton, F. 1930—31. Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstättersee. Arch. f. Hydrobiologie 23: 177 S.
Näher, W. 1963 (Starnbergersee). Arch. f. Hydrobiol. 59/4:401—466.
Nümann, W. 1963. Endbericht an die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen über den Zustand des Bodensees und seiner Mündungsgebiete. Staatl. Institut f. Seenforschung, Langenargen.
Picotti, M. 1964. (Lago d'Orta). Bolletino di pesca, piscicoltura e idrobiologia 19/1: 5—193.
Schürmann, J. 1964. Untersuchungen über organische Stoffe im Wasser des Zürichsees. Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich 109: 409—460.
Sollberger, H. 1967. Le lac de Neuchâtel (Suisse), ses eaux, ses sédiments, ses courants lacustres (im Druck).
Suchet, M. 1954. Etude physico-chimique des eaux du lac d'Annecy. Ann. Station Centrale d'Hydrobiol. Appl. 5: 159—184.
Thienemann, A. 1928. Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. Binnengewässer, Band 4, 175 S.
Tiso, A. 1962. I sali nutritivi nelle acque del Lago di Garda. Arch. Oceanogr. Limnol. 3: 361—378.
Thomas, E. A. 1948. Limnologische Untersuchungen am Türlersee. Schweiz. Z. f. Hydrologie 11: 90—177.
— 1949. Regionallimnologische Studien an 25 Seen der Nordschweiz. Verh. I.V.L. 10: 489—495.
— 1953. Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung: Empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimumstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenzender Gebiete. Monatsbulletin Schweiz. Ver. Gas- und Wasserfachm. 33: 25—32 und 71—79.
— 1955. Sedimentation in oligotrophen und eutrophen Seen als Ausdruck der Produktivität. Verh. I.V.L. 12: 383—393.
— 1960. Sauerstoffminima und Stoffkreisläufe im ufernahen Oberflächenwasser des Zürichsees (Cladophora- und Phragmites-Gürtel). Monatsbulletin Schweiz. Ver. Gas- und Wasserfachm. 40: 140—167.
— 1963. Versuche über die Wachstumsförderung von Cladophora- und Rhizoclonium-Kulturen durch Bakterienstoffe. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 73: 504—518.
— 1964a. Massenentwicklung von Lamprocystis roseo-persicina als tertiäre Verschmutzung am Ufer des Zürichsees. Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich 109: 267—276.
— 1964b. Seetypen und Gewässerschutz. Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich 109: 511—517.
— 1965a. Der Verlauf der Eutrophierung des Zürichsees. Mitteil. der Oesterr. Sanitätsverwaltung 66, H. 5, 11 S.
— 1965b. Phosphat-Elimination in der Belebtschlammanlage von Männedorf und Phosphat-Fixation in See- und Klärschlamm. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 110: 419—434.
— 1966. Phosphatfällung in der Kläranlage von Uster und Beseitigung des Eisen-Phosphat-Schlammes (1960 und 1966). Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 111:309—318.
— 1967. Die Phosphat-Hypertrophie der Gewässer. Chemisch Weekblad, Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.
— 1968. Die Phosphattrophierung des Zürichsees und anderer Schweizerseen; Symposium Plön 1965. Mitteilungen I.V.L. (im Druck).
— und Märki, E. 1949. Der heutige Zustand des Zürichsees. Verh. I.V.L. 10: 476—488.
Vollenweider, R. A. 1963. Studi sulla situazione attuale del regime chimico e biologico del Lago d'Orta. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 16: 21—125.
— 1965. Materiali ed idee per una idrochimica delle acque insubriche. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 19: 213—286.
Wagner, G. 1967. Beiträge zum Sauerstoff-, Stickstoff- und Phosphorhaushalt des Bodensees. Arch. Hydrobiol. 63: 86—103.
Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. E. A. Thomas (Prof. der Universität Zürich), Kilchbergstrasse 113, 8038 Zürich.

WASSERWIRTSCHAFTLICHE PROBLEME BEI ATOMKRAFTWERKEN

erläutert an der Anlage in Beznau

von Dr. Erwin Märki, Vorsteher des aargauischen Gewässerschutzamtes, Aarau[1]

DK 621.384.2 + 628.394

1. Einleitung

Die natürliche Radioaktivität einiger Elemente kann glücklicherweise auch für friedliche Zwecke der Menschheit nutzbar gemacht werden. Bei der Umwandlung von radioaktiven Atomen in andere, sendet der aktive Atomkern mindestens eine von drei Strahlenarten aus, nämlich: Alpha-Strahlen, die aus Heliumkernen, Beta-Strahlen, die aus Elektronen bestehen oder Gamma-Strahlen, die röntgenstrahlenähnlichen Charakter aufweisen. Die beim Atomzerfall (Fission) auftretende Strahlungsenergie kann ungeheure Ausmasse annehmen. So produziert ein kg Uran U-235 eine Wärmemenge von ca. 20 Milliarden kcal, was einer Energie von 24 Millionen Kilowattstunden entspricht.

Bei der klassischen Erzeugung von elektrischer Energie mit Hilfe von Wasserkraft findet keine chemische Veränderung des Energieträgers statt. Solche Werke arbeiten mit einem recht hohen Wirkungsgrad (90 bis 95 %).

Bei den klassischen Dampfkraftwerken wird der Wärmeinhalt von fossilen Brennstoffen (Kohle und Mineralöl) zur Erzeugung von Dampf und über Dampfturbinen zur Elektrizität umgewandelt, wobei im allgemeinen mit einem Wirkungsgrad von 35 bis 40 % gerechnet werden darf.

Kraftwerke auf der Basis von Gasturbinen erreichen einen etwas höheren Wirkungsgrad und damit eine bessere Ausnutzung der investierten Wärmemenge.

[1] Nach einem Vortrag anlässlich der Hauptversammlung des Linth-Limmatverbandes am 26. März 1968 in Baden.

Die seit rund 20 Jahren im Aufbau begriffenen Atomkraftwerke (Kernkraftwerke), die auf dem Prinzip der Kernspaltung (Fission) beruhen, die in einem sogenannten Reaktor abläuft, erreichen nach den neuesten Erfahrungen einen Wirkungsgrad von 30 bis 35 %.

Die restliche, vorläufig noch nicht wirtschaftlich ausnutzbare Wärmeenergie wird an die Umgebung, die Luft, respektive das Wasser übertragen. Für konventionell-thermische Werke beträgt diese Energie 45 bis 55 % und für Kernkraftwerke gar 60 bis 65 %.

Aus dieser kurzen Uebersicht geht eindeutig die Bedeutung hervor, die bei der Planung von Atomkraftwerken der Beseitigung der Ueberschusswärme zukommt.

Neben der Kühlwasserfrage sind beim Bau und Betrieb von Atomkraftwerken noch andere wasserwirtschaftliche Probleme zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Ausführungen sollen eine Uebersicht über die Belange der Wasserwirtschaft, des Grundwasserschutzes und der Abwasserreinigung beim Bau und Betrieb von Atomkraftwerken im allgemeinen und beim ersten Atomkraftwerk der Schweiz in der Beznau im besonderen vermitteln.

2. Standort eines Atomkraftwerkes

Mitbestimmend für die Wahl eines Standortes sind verschiedene Faktoren, wie Lage im Energie-Versorgungsgebiet, Strahlenschutz, Grundwasservorkommen, Beschaffung von Kühlwasser, Abwasserbeseitigungsmöglichkeiten und die meteorologischen Bedingungen (Bild 1).

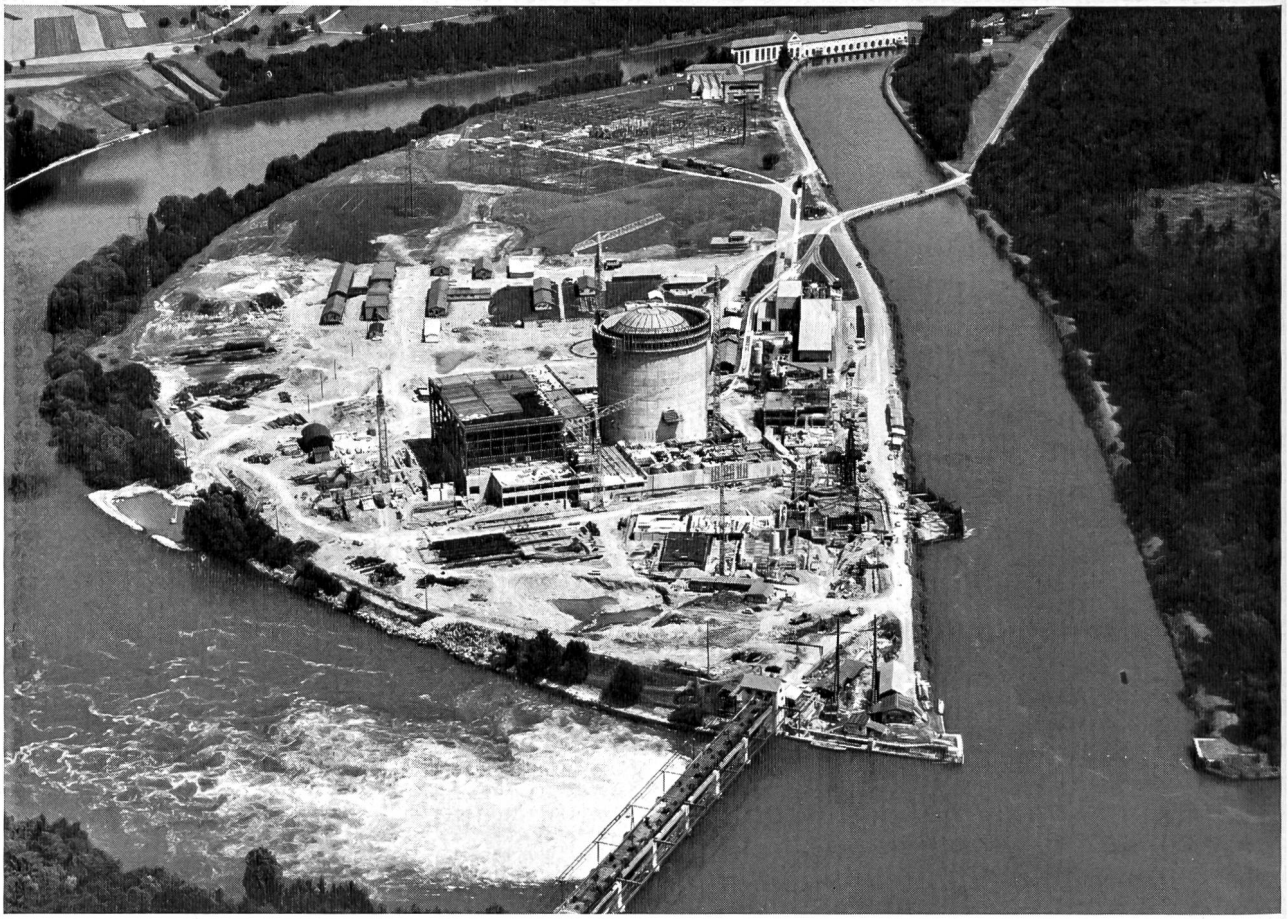


Bild 1 Uebersicht über die Atomkraftwerkanlage Beznau auf der von der Aare umflossenen Insel; im Vordergrund Stauwehr, rechts Oberwasserkanal zu der im Hintergrund sichtbaren Wasserkraftanlage Beznau. Rechts vom 50 m hohen Reaktorgebäude wird am Kühlwassereinlaufwerk gearbeitet.
Flugaufnahme Comet vom Juli 1967.

Die Prüfung dieser Faktoren und die gegenseitige Abwägung der Vor- und Nachteile unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit muss sehr sorgfältig vorgenommen werden. Das Bundesgesetz vom 23. Dezember 1959 über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz regelt gemäss den Artikeln 4 bis 7 die Bewilligungspflicht und umschreibt, welche Unterlagen über die Sicherheit der Anlagen hinsichtlich der Massnahmen zum Schutze der Menschen noch zu erarbeiten und einzureichen sind. In der Regel wird ein Sicherheitsbericht der Konzessionsbewerber unterbreitet, zu dem dann ein Gutachten durch die Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen ausgearbeitet wird. Es kann im Rahmen dieser Uebersicht nicht im Detail auf alle technischen Belange der Sicherheitsvorrichtungen in einer Atomanlage eingegangen werden. Es sei für Interessenten auf die entsprechenden «Technischen Sicherheitsberichte» verwiesen.

Die Verordnung vom 19. April 1963 über den Strahlenschutz führt im Anhang VII, A – C, die höchstzulässigen Konzentrationen radioaktiver Nuklide im Trinkwasser und in der Atemluft für beruflich strahlenexponierte Personen auf. Die Grenzkonzentration liegt für unbekannte Gemische von Radionukliden bei 10^{-7} Microcurie (μc) pro cm^3 Wasser (1 Curie: Einheit der «Aktivität»; ein Curie entspricht derjenigen Menge an radioaktivem «Nuklid», in der die Zahl der radioaktiv zerfallenden Atomkerne pro Sekunde $3{,}7 \times 10^{10}$ beträgt).

Neben der Gesetzgebung für die Atomanlagen sind auch die kantonalen und eidgenössischen Gewässerschutzvorschriften für die Reinigung und Beseitigung der Abwasser zu berücksichtigen.

3. Wasserwirtschaft bei Atomkraftwerken

Während für hydraulische Kraftwerke die Technik zur Beherrschung der Hydraulik und der Elektrizität im Vordergrund steht, erweitert sich dieser Katalog für konventionell-thermische Anlagen auf das Gebiet der Kalorik (Feuerungs- und Wärmetechnik) und schliesslich bei den Stromerzeugungswerken aus Atomanlagen noch um die Wissenschaft der Radioaktivität.

Generell müssen die Wasserwirtschafts- und Gewässerschutzbehörden für die folgenden sechs Probleme beim Bau von Atomkraftwerken zur Mitwirkung eingeschaltet werden:

1. Abwasserbeseitigung aus Sanitäranlagen
2. Abwasserbeseitigung aus dem Betrieb
— Wasserentsalzung
— Oelverunreinigung
— Entaktivierung
3. Grundwasserschutz
4. Trinkwasserbeschaffung
5. Kühlwasserbeschaffung
6. Lagerung von radioaktiven Abfällen

3.1 ABWASSERBESEITIGUNG AUS SANITÄRANLAGEN

Die Fäkalabwasser aus Toilettenanlagen, Reinigungsabwasser aus Dusche- und Verpflegungsräumen (Kantine) für die Belegschaft, die während drei Schichten arbeitet, werden in einem separaten Leitungsnetz gesammelt und einer biologischen Reinigung unterworfen werden.

Die Standorte der meisten Atomkraftwerkanlagen werden ausserhalb des Rayons eines generellen Kanalisationspro-

jektes zu liegen kommen, so dass ein Zusammenschluss mit einer kommunalen Anlage nicht immer möglich ist.

In der Anlage Beznau I werden die Abwasser der Belegschaft von 90 bis 100 Personen in einer Totaloxydationsanlage biologisch gereinigt werden. Die Abwasser der Baubelegschaften unterliegen der gleichen Behandlung.

3.2. ABWASSERBESEITIGUNG AUS DEM BETRIEB

— Wasserentsalzung

Zur Erzeugung von Dampf wird in modernen Anlagen vollentsalztes Wasser benötigt. Die im Rohwasser (Leitungswasser, evtl. Grundwasser) gelösten Salze – vorab der Kalk – müssen entfernt werden, damit die Verdampferanlagen nicht in unzulässiger Weise verkrusten. Thermische Grossanlagen erzeugen zum Betrieb der Dampfturbinen gewaltige Mengen Dampf, die für das Werk Beznau I rund 640 kg/Sekunde betragen. Die Speisewasserspeicher im Maschinenhaus beinhalten mehrere Tausend Kubikmeter vollentsalztes Wasser, das in einer Grossanlage in verschiedenen Behandlungsstufen erzeugt wird. Kationen- und Anionenaustauschharze entziehen dem Rohwasser die gelösten Ionen. Bei der Regeneration der Austauscheranlagen mit Salzsäure und Natronlauge fallen die zurückgehaltenen Stoffe in konzentrierter Form als Abwasser an. Die entsprechenden Einrichtungen in der Beznau I erzeugen demnach Rückspülwasser aus dem Kiesvorfilter und der Ionenaustauschanlage und 70 m³ pro Tag Regenerierwasser, das im Neutralisationsbecken entgiftet wird.

— Oelverschmutzte Abwasser aus Maschinenhaus, Werkstätten und Transformerstationen werden über Oelabscheider behandelt.

— Entaktivierung

Bei den Reaktoranlagen, die heute erstellt werden, sind die Brennstoffe (Uran 235 angereichert) in Stäben untergebracht, die eine Hülle aus Zirkoniumlegierungen aufweisen. Das Kühlmittel, das die im Reaktor produzierte Wärme abführt, – bei Druck- und Siedewasserreaktoren das vollentsalzte Wasser, bei Gasreaktoren das entsprechende Gas – steht vorerst nicht in direkter Berührung mit der aktiven Substanz. Erst in einer späteren Phase können durch Korrosionsvorgänge in den Hüllen Spuren von Aktivität ins Kühlmedium übertreten.

In den Reaktoren werden im allgemeinen aus Erwägungen der Sicherheit die Wärmemengen über zwei geschlossene Kühlkreisläufe abgeführt. Der innerste Kreislauf – die Primäranlage – ist im Werk Beznau I vollständig im Reaktorgebäude untergebracht. Aus diesem Kreislauf gelangt die Wärme mit 300 °C über einen Wärmeaustauscher an den Sekundärkreislauf mit ca. 258 °C, von dem aus die zwei Dampfturbinengruppen über eine Hochdruck- und Niederdruckanlage angetrieben werden. Infolge der vollständigen Trennung der Kreisläufe ist eine Verunreinigung der Sekundäranlage mit Aktivität nicht möglich. Sie braucht deswegen auch nicht speziell abgeschirmt zu werden und ist für Revisionen sehr gut und jederzeit zugänglich. Peinlich sauber muss das Wasser im Primärkreislauf bleiben, denn Verunreinigungen würden aktiviert. Solche können zustandekommen, wenn im Umwälzsystem (Pumpen und Leitungen) aktivierte Korrosionsprodukte (Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom, Kupfer, Molybdän u.a.m.) in Lösung gehen oder aus den Brennstoffstäben übertreten. Das Rücklaufwasser aus den Wärmeaustauscheranlagen wird deshalb partiell über Filter- und Ionenaustauscheranlagen (Mischbett) geleitet, mit denen die Aktivitäten auf die Toleranzgrenze herabgesetzt werden. Die damit aktiv werdenden Austauschermassen müssen mit anderen festen Atomabfällen in speziellen Gefässen vorerst im Werk gelagert und später nach dem Abklingen der Aktivität in einem Speziallager ausserhalb des Werkes deponiert werden.

Weitere aktive Wasser können bei Nebenarbeiten am Reaktor anfallen (Auswechseln der Brennstäbe). Die Praxis unterscheidet heute drei Verfahren zur Entaktivierung eines Kühlmediums (Wasser):

— Chemische Fällung, indem aus den im Wasser vorhandenen Nukliden schwerlösliche Niederschläge fabriziert und zum Abklingen der Aktivität gestapelt werden.
— Ionenaustausch, indem die Aktivitäten an das Kunstharzmaterial übertragen werden.
— Verdampfung ist das beste Mittel zur Entaktivierung. Die Rückstände können mit Zement gemischt in ein lagerfähiges Material übergeführt werden.

In der Beznau verdampft man alle Abwasserchargen mit zu hoher Aktivität. Die Verdampferdestillate, die verbrauchten Harze, verschiedene Reinigungsvorrichtungen, Kleider und defekte Ausrüstungsteile, die radioaktiv verseucht sind, werden verfestigt in korrosionsfeste Behälter eingeschlossen. Jeder Abgang unterliegt einer vollständigen chemischen und radiologischen Analyse.

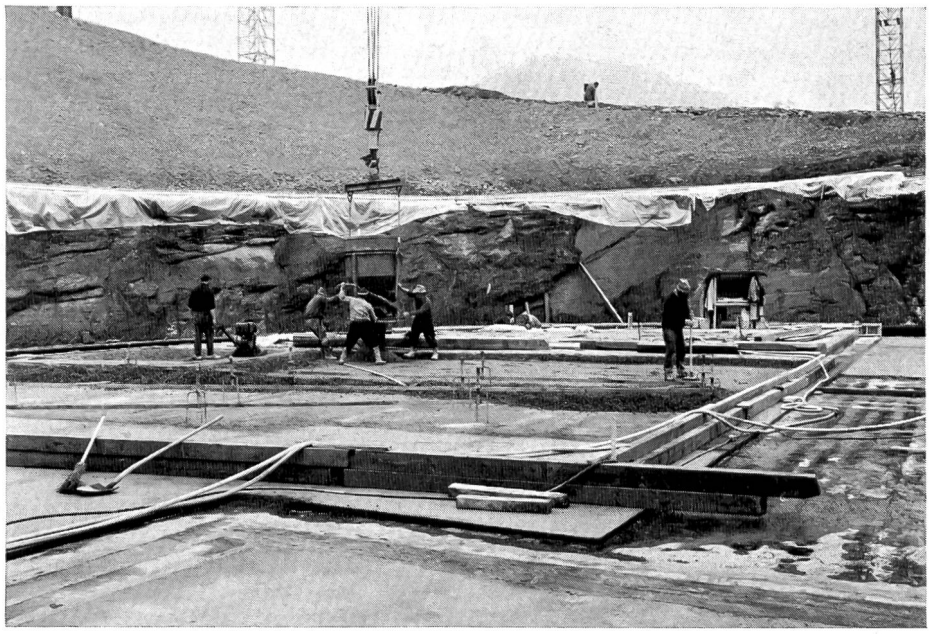


Bild 2
Grundwasserisolierung: Einbringen der Filterschicht aus Sickerbeton 8—30 mm, P 200, 30 cm stark, in zwei Lagen. Darunter ist die Mörtelschutzschicht der aus drei Lagen Dachpappe bestehenden Grundwasserisolierung ersichtlich, welche auf der 13 cm starken, armierten Unterlagsschicht aufliegt.

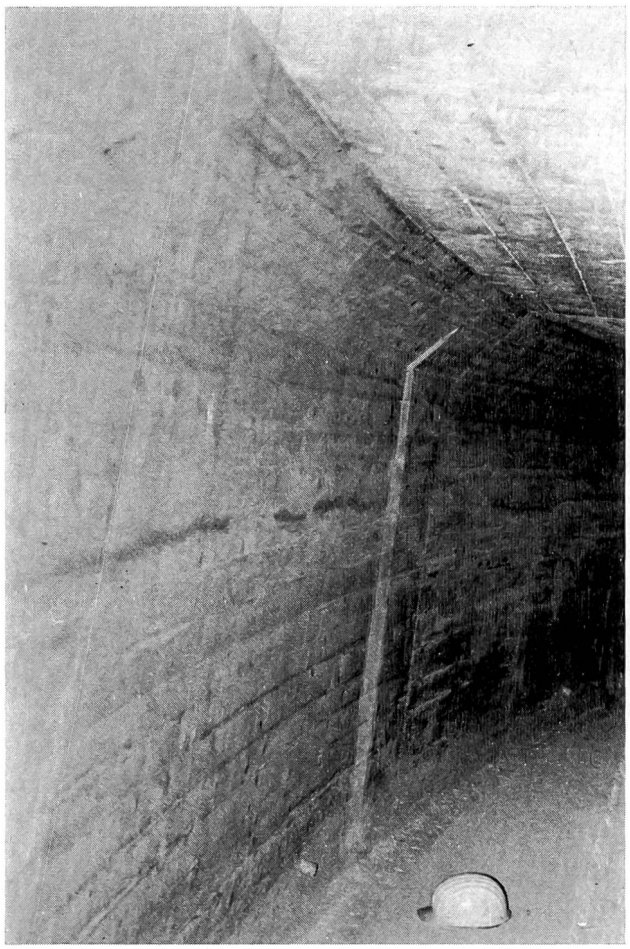


Bild 3 Kontrollgang im Betonfundament unter dem Reaktorgebäude; links unten Rinne und Rohrverbindung zum Sickerbeton.

3.3 GRUNDWASSERSCHUTZ

Atomkraftwerke sollten wenn immer möglich ausserhalb von stark genutzten und bedeutenden Grundwassergebieten errichtet werden. Bei der Standortentscheidung muss dieser Grundsatz massgeblich mitberücksichtigt werden. Der Standort des Kraftwerkes Beznau I liegt zwar im Grundwasser, doch wurde das Reaktorgebäude auf den in ca. 10 bis 15 m Tiefe unter der gesamten Beznauinsel liegenden Opalinuston, der als wasserundurchlässig zu betrachten ist, abgestützt.

Ein spezielles Grundwasserabdichtungssystem wurde für die Beznau I geplant und eingebaut, so dass zwischen den radioaktiven Brennstoffstäben und dem Grundwasser folgende Einbauten bestehen:

1. Brennstoffhüllen aus Zirkonium
2. Reaktordruckgefäss von ca. 18 cm Wandstärke
3. Innerste Betonschicht
4. Innen freistehende Stahldruckschale von 61 m Höhe und 33 m Durchmesser mit Wandstärken von 20 bis 30 mm und einem Gesamtgewicht von ca. 1600 Tonnen.
5. Betonzwischenschicht unterschiedlicher Mächtigkeit in die
6. eine fugenlose Stahlhülle von 6 mm Stärke eingelegt wurde.
7. Fundamentbeton von 2,5 bis 6 m Mächtigkeit
8. Sickerbeton 30 cm mit Verputz
9. Drei Lagen Dachpappen
10. Schutzschicht für Dachpappe aus Formsteinen.

Im Fundamentbeton ist ein im Grundriss kreisförmiger Kontrollgang von 2 m Höhe und 1,2 m Breite ausgespart (Bild 3). Ein sogenanntes Leckanzeigesystem mit einbetonierten Rohren, welche die verschiedenen Sektoren des Sickerbetons entwässern können, ist vorhanden und kann vom Kontrollgang aus überwacht werden. Der Gang ist über einen vertikalen Schacht längs der Aussenmauer des Reaktors jederzeit zugänglich.

3.4 TRINKWASSERVERSORGUNG

Atomanlagen benötigen für verschiedene Zwecke sauberes Trink- und Brauchwasser, das aus naheliegenden Gründen aus Wasservorkommen in der nahen Umgebung des Werkes bezogen wird. Das Grundwasserwerk für das Atomkraftwerk I liegt auf der Beznauinsel und dient neben der Versorgung anderer Werkanlagen der Versorgung mit Trinkwasser, dem Löschschutz (Sprinkleranlage) und der Speisewasseraufbereitung. Es werden durchschnittlich pro Tag 1300 m³ Wasser für diese Versorgungsdienste benötigt.

3.5 KÜHLWASSERBESCHAFFUNG

Wie schon eingangs erwähnt, ist der Wirkungsgrad der Wärmeausnützung von modernen Atomkraftanlagen, gemessen am Wärmeinhalt, relativ klein, und rund zwei Drittel der Wärme müssen über ein Kühlsystem aus dem Werk abgeleitet werden. Die Grösse der Werke, die mitbestimmend für die Energiegestehungskosten sind, bewirkt, dass grosse Wärmemengen vernichtet werden müssen.

Als wirtschaftlichste Kühlung der Abdampfmengen aus den Dampfturbinen haben sich die wassergekühlten Kondensatoren erwiesen. Der Dampf wird an einem mit Oberflächenwasser durchflossenen Röhrensystem niedergeschlagen, gesammelt und mit Kondensatpumpen wieder dem Wärmeaustauscher im Dampferzeuger im Reaktorgebäude zugeführt.

Das um einige Grad erwärmte Kühlwasser fliesst dem Vorfluter wieder zu.

Rückkühlung mit Kühltürmen ist bei zahlreichen öl- und auch nuklearthermischen Werken verwirklicht. Man unterscheidet Nass- und Trockenkühltürme mit selbst- oder zwangsventilierendem System. Je nach Anlage kann der Wasserverbrauch auf einen Bruchteil dessen herabgesetzt werden, der für eine Wasserkühlung benötigt wird. Allerdings werden die Energiegestehungskosten im Rahmen von 10 % höher sein, was noch nicht als prohibitiv bezeichnet werden darf, wenn einmal wegen des erwärmten Kühlwassers wasserwirtschaftliche Nachteile in unseren Seen und Flüssen zu erwarten sind, über deren Ausmass man mangels Unterlagen heute noch nicht ganz im klaren ist.

Nach Klaentschi (1) sind aus einer 200 MW Kraftanlage $3{,}6 \cdot 10^3$ kcal/h Wärme abzuführen. Von Ammon (2) erwähnt, dass der Kühlwasserbedarf bei einer Generatorklemmenleistung von 100 MW 6,5 bis 7 m³/s beträgt, mit einer Erwärmung um 8 °C, bezogen auf die Kühlwassermenge.

Die Grössenangaben zeigen, dass wassergekühlte Atomkraftanlagen nur an abflussreichen Flüssen aufgestellt werden können, an denen dauernd die notwendigen Wassermengen sichergestellt sind.

Mit den vorläufig in der Schweiz geplanten Werken werden Wassermengen von 13,5 bis 30 m³/s benötigt, was zu Temperaturerhöhungen im rückgeführten Wasser von maximal 10 °C führen soll.

Im allgemeinen ist die Erkenntnis unbekannt, dass erwärmtes Wasser in unseren Gewässern zum Teil sehr tiefgreifende Veränderungen zur Folge haben kann. Es sind noch zu wenig präzise Unterlagen erarbeitet als dass man schon die Auswirkungen der Erwärmung des Wassers in

(1) (2) usw. siehe Literaturverzeichnis am Schluss dieses Berichts

einem Gewässersystem im Detail überblicken könnte. Im Neckar, an dem eine Reihe von Wärmekraftwerken auf der Basis von Kohle oder Oel in Betrieb stehen, sind grundlegende Umstellungen in der gesamten Biologie eingetreten. Sicher ist, dass erwärmtes Wasser eine geringere Sauerstoffsättigung aufweist und damit ein echter Sauerstoffverlust im Kühlwasser eintreten kann. Böhnke (3) hat diese physikalischen Erscheinungen um den Sauerstoffverlust als Beeinträchtigung des Selbstreinigungsvermögens der Gewässer bezeichnet, die nach seinen Angaben und Berechnungen einige Prozente je Grad Temperaturerhöhung erreichen soll. Der Sauerstoffverlust lässt sich auch in Kilogramm pro Zeiteinheit ausdrücken, und diese Zahl kann man schliesslich auf Einwohnergleichwerte umrechnen.

Ein Atomkraftwerk von 500 MW Leistung verursacht bei einem Wasserverbrauch von 30 m^3/s eine Erwärmung der Kühlwassermenge um 8 °C. Dieser Erwärmung steht je nach Höhe der Ausgangstemperatur des Wassers ein Sauerstoffverlust von 1 bis 2,5 mg/l entgegen. Pro Tag sind dies Sauerstoffmengen von 3000 bis 6500 kg. Der gleiche Sauerstoffverlust tritt aber auch ein, wenn die ungereinigten Abwässer von 45 000 bis 100 000 Einwohnern in das Gewässer eingeleitet und dort durch biochemische Prozesse abgebaut werden.

Ein auf die biochemische Abbautätigkeit zurückzuführendes Sauerstoffdefizit lässt sich durch künstliche Belüftung wieder ausgleichen, nicht dagegen ein Sauerstoffverlust, der auf einem Temperaturanstieg basiert. Neben den biologischen Folgeerscheinungen sind bei Gewässererwärmungen auch die Wechselbeziehungen zwischen dem Oberflächengewässer und dem Grundwasser zu beachten, damit keine unerwünschte Aufwärmung des Grundwassers erfolgt. Die Erwärmungen der Flüsse sind daher in bescheidenem Rahmen zu halten.

Es kann als Vorteil gewertet werden, wenn eine möglichst rasche, vollständige Vermischung der Wärmefahnen mit dem übrigen Flusswasser zustande kommt. In der Beznau dürfte sich unter Umständen auf Grund der Grundwasserverhältnisse und der Rückführung des Kühlwassers in das Aareknie eine andere Lösung aufdrängen. Wenn über das Stauwehr der hydraulischen Anlage linksseitig eine Stetswassermenge in den alten Aarelauf abgelassen würde und diese entlang des Grundwasserinfiltrationshorizontes abfliesst, verhindert sie das Eindringen von erwärmtem Kühlwasser in das Grundwasser. Es müsste dabei allerdings in Kauf genommen werden, dass auf einer gewissen Fliessstrecke die Richtwerte für Temperaturerhöhungen (3 °C) (Richtlinien über die Beschaffenheit abzuleitender Abwässer) überschritten werden. Im übrigen wird das Kühlwasser auf der Fassungsseite im Werk Beznau durch Rechenanlagen vom Geschwemmsel und durch eine dreiteilige Siebbandanlage (Maschenweite ca. 1 mm) von feinem Detritus und Sand befreit.

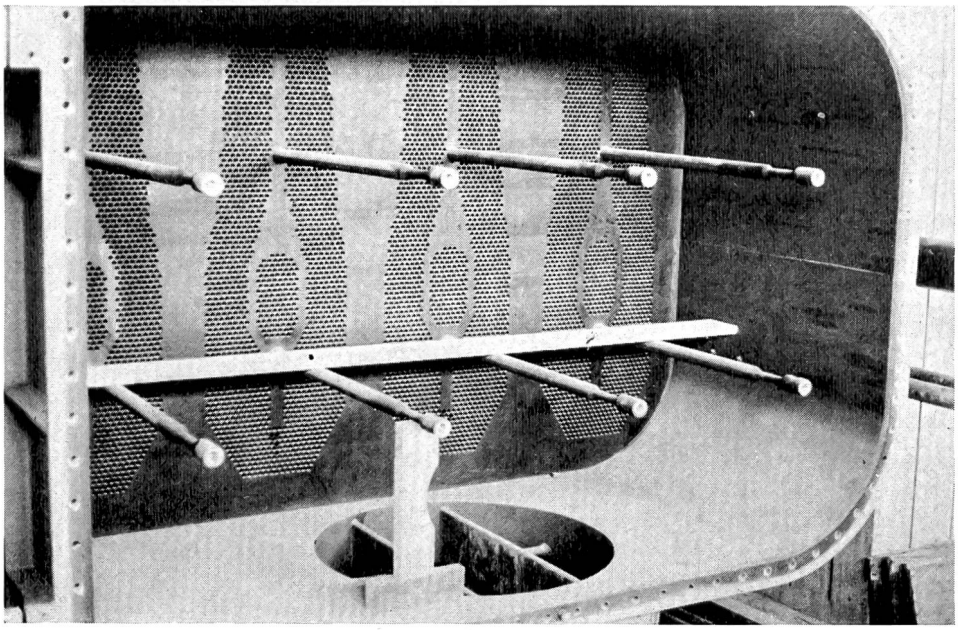
Es würde sich rechtfertigen, wenn nun bei der Gelegenheit der Inbetriebnahme des ersten grösseren Atomkraftwerkes die noch fehlenden Unterlagen für die Beurteilung des Einflusses von erwärmtem Kühlwasser auf die Lebensgemeinschaften (Biocoenosen) sowohl der fliessenden als auch der stehenden Gewässer erarbeitet werden könnten. Das setzt aber voraus, dass ein geschultes Arbeitsteam aus Fachleuten sich dieser Aufgabe annehmen würde. Die Frage der Errichtung von biologischen Kontrollstationen ober- und unterhalb eines Atomkraftwerkes, in denen sowohl die qualitativen als auch die quantitativen biologischen Zustände des Gewässers genügend genau registriert werden könnten, muss in diesem Zusammenhang geprüft werden. Die Schaffung der Organisation für ein solches praktisch-wissenschaftliches Instrument, das die Unterlagen für die Bewertung weiterer Atomkraftwerke zu liefern hat, drängt sich heute auf und dürfte wohl am ehesten als Gemeinschaftswerk der Elektrizitätswirtschaft mit den kantonalen und eidgenössischen Behörden verwirklicht werden können.

Auch sind grosse Anstrengungen zu unternehmen, um wirksame Lösungen zu finden, bei denen ein bedeutender Anteil der Abfallwärme sinnvoll zugunsten unserer Volkswirtschaft weiterverwendet werden kann. Die damit verbundene Einsparung an importiertem Heizöl würde einen wichtigen Beitrag zur Frage der Lufthygiene liefern können.

3.6 LAGERUNG VON RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN

Der Betrieb eines Atomkraftwerkes bringt es mit sich, dass nicht nur flüssige und gasförmige, sondern auch feste radioaktive Abfälle entstehen. Es sind dies Einsätze von Filtern, Ionenaustauschharze, Konzentrate, verunreinigte Gebrauchsgegenstände wie Werkzeuge, Verpackungsmaterial u.a.m. Solche Produkte müssen derart gelagert werden, dass sie

Bild 4
Kondensator geöffnet;
Kühlwassereinlauf von unten



Bilder
1 Flugaufnahme Comet
2 Photo NOK
3 und 4 Photos E. Märki

durch ihre Aktivität weder Mensch noch Tier noch die Pflanzenwelt schädigen können.

Es wäre sehr erwünscht, wenn alle Atomkraftwerkbauer für solche Abgänge ein sogenanntes Regionallager errichten könnten, wo die Fässer und Betonblöcke, in denen die Aktivitäten eingeschlossen sind, dauernd untergebracht und überwacht werden könnten.

4. Zusammenfassung

— Beim Bau von Atomkraftwerken sind alle Belange der Wasserwirtschaft des Werkes sehr sorgfältig zu prüfen.
— Dem Grundwasserschutz ist von Anbeginn die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken, da die Schutzmassnahmen zusammen mit den Fundationsarbeiten eingerichtet werden müssen.
— Die veraltete Ansicht, dass Gewässer durch Kühlwasser kaum beeinträchtigt werden, muss insofern revidiert werden, als heute bekannt ist, dass von einer thermischen Belastung gesprochen werden darf, die bei Grosskraftwerken mit Belastungen durch häusliche Abwasser vergleichbar ist. Die Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt dürfen nicht vernachlässigt werden, denn er hat seine Rückwirkungen auf die Lebensgemeinschaften im Wasser. Diese können in ihrer vollen Auswirkung aber erst beurteilt werden, wenn durch gut ausgerüstete Kontroll- und Mess-Stationen die qualitativen und die quantitativen biologischen Verhältnisse genau ermittelt werden können.
— Studien über die Wiederverwendung der Abfallwärme, die im Kühlwasser enthalten ist, sind vordringlich.
— Im Atomkraftwerk Beznau I sind die auf Grund der heutigen Erfahrungen und Erkenntnisse verantwortbaren Massnahmen zum Schutze der ober- und unterirdischen Gewässer, sowie für Menschen, Tier- und Pflanzenwelt ergriffen worden.

LITERATURVERZEICHNIS:

1. Klaentschi, M. J., Schweiz. Bauzeitung, 83. Jg., Heft 31 vom 5. 8. 1965, S. 451.
2. Von Ammon und Wolff: Der Kühlwasserbedarf bei der Stromerzeugung, Die Wasserwirtschaft 1966, Heft 8.
3. Böhnke, B.: Einfluss der Trinkwasserentnahmen sowie von Kühl- und Brauchwasser auf das Abwasserbelastungsvermögen der Flüsse. Münchner Beiträge Bd. 11 (1964).
4. Offhaus, K.: Kühlwassereinleitung und -belüftung. Münchner Beiträge Bd. 12 (1965).
5. Krause, H.: Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Atomenergieanlagen, Bericht über die internationale Vortragstagung Pro Aqua 1965.
6. Krolewski, H.: Die künstliche Erwärmung des Flusswassers und deren Auswirkungen. Die Wasserwirtschaft 1967, Heft 8.
7. NOK Baden. Kurzbeschreibung über Atomkraftwerk Beznau-Döttingen, April 1967.
8. Mündl. Mitteilungen der Bauleitung des Atomkraftwerkes Beznau.

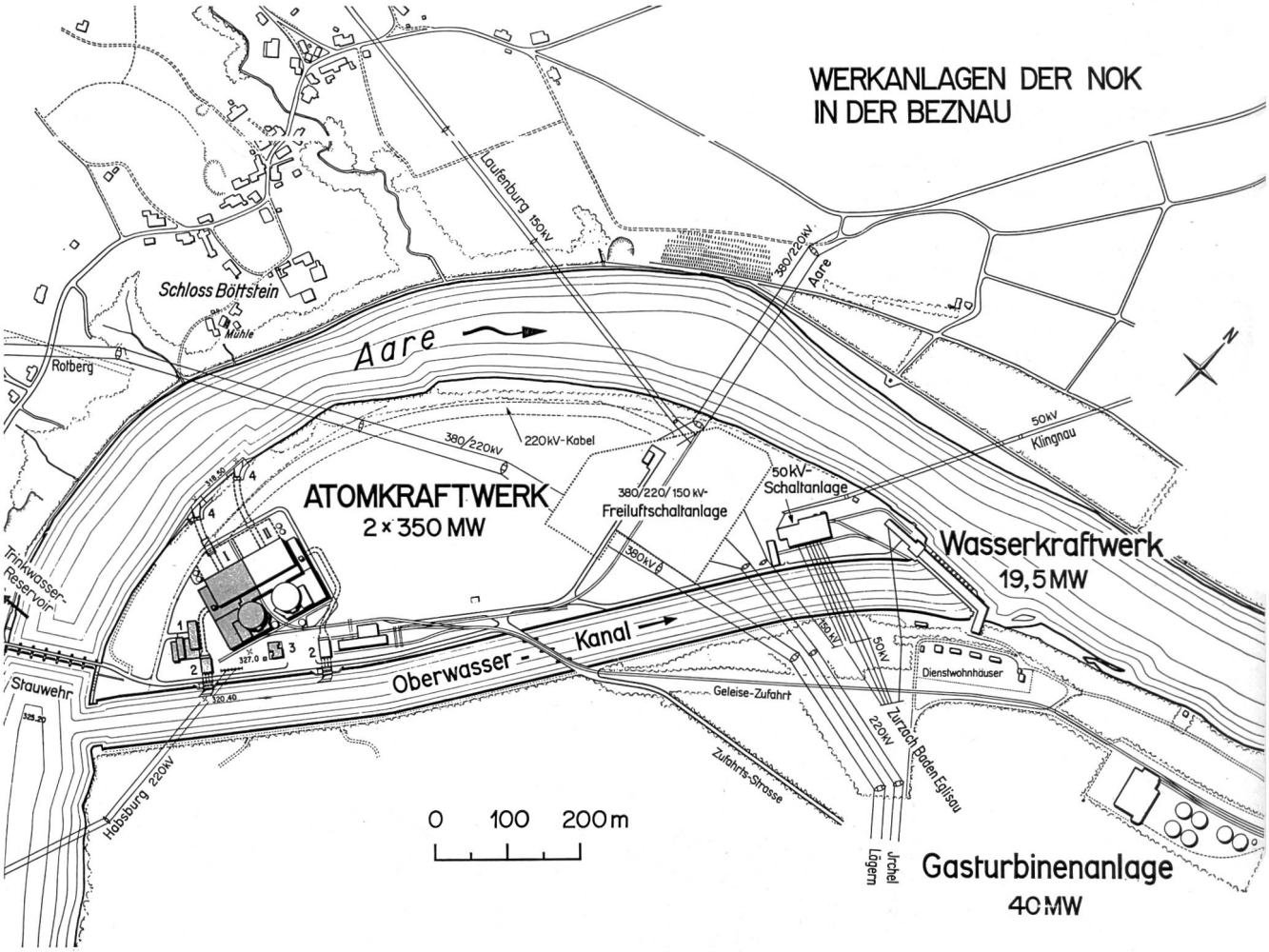


Bild 5 Werkanlagen der NOK in der Beznau (vergl. auch Bild 1)

I Atomkraftwerk Beznau I
II Atomkraftwerk Beznau II
1 Werkstatt und Lager
2 Kühlwasserreinigung
3 Bürogebäude
4 Kühlwasserrückgabe
(Cliché NOK)