

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 85 (1993)  
**Heft:** 7-8

**Artikel:** Options pour l'arrêt des réacteurs nucléaires  
**Autor:** Cruickshank, Andrew  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939990>

#### **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:** 10.02.2026

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

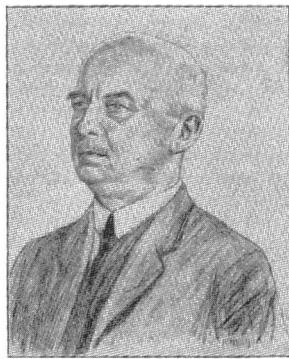


Bild 4. Gabriel Narutowicz (1865–1922). Skizze von Rudolf Münger aus von Tavel, Rudolf: Von grosser Arbeit; Kraftwerk und Stausee von Mühlberg. Verlag Francke, Bern 1921, S. 11.

Bildlegende: «Oberster Bauleiter und Projekt-Verfasser». Bezug im Text: «Die hinter ihm kamen, schienen dem Bauer fremdartiger. Sie trugen kurze Beinkleider, Wadenbinden und Joppen, aus deren Taschen Notizbücher und Landkarten herausguckten. Der eine war

gross und kräftig, grau von Haaren und blickte wie ein Befehls-  
haber.»

tale Opposition. Ein von dieser verblendeter, gehirngeschädigter Kunstmaler schoss ihm eine Woche später beim Besuch einer Kunstausstellung drei Kugeln in den Rücken, denen Narutowicz sofort erlag.

Anlässlich des zehnjährigen Jubiläums des traurigen Ereignisses wurde im ETH-Hauptgebäude feierlich eine Gedenktafel an Prof. Narutowicz enthüllt [11]. Ende der siebziger Jahre wurde die Tafel entfernt – vermutlich weil Narutowicz zu wenig «high tech» und erst noch Ausländer war –, und nur dank der Initiative von Prof. Dr. h. c. Daniel Vischer (geb. 1932), dem dritten Nachfolger Narutowiczs, konnte sie vor der Mülltonne gerettet und in der Eingangshalle der Versuchsanstalt für Wasserbau neu angebracht werden. Doch auch dieser Standort ist neuerdings höchst unsicher. Sic transit gloria mundi!

#### Literatur

- [1] F. Iselin: Gabriel Narutowicz. «Schweiz. Bauzeitung», 1922 (Bd. 80), S. 295–297.
- A. Rohn: Gabriel Narutowicz. «Vierteljahrsschrift naturforschende Gesellschaft Zürich», 1922, S. 426–429.
- K. Biziova: Gabriel Narutowicz (1865–1922). «Schweiz. Bauzeitung», 1973, S. 179.
- A. Zarnowska: Gabriel Narutowicz in der Schweiz. Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH, Zürich, 1988.
- M. Andrzejewski: Gabriel Narutowicz, Staatspräsident Polens, und die Schweiz. «Schweiz. Zeitschrift für Geschichts», 1989, S. 304–310.
- [2] L. Kürsteiner: Das Elektrizitätswerk Kubel bei St. Gallen. «Schweiz. Bauzeitung», 1904 (Bd. 43), Nr. 14–24.
- [3] St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG: Das neue Kubelwerk. «wasser, energie, luft», 1977, S. 39–42.
- [4] E. Amman: Die Sanierung der Stauanlage Gübsen. «wasser, energie, luft», 1987, S. 77–81.
- [5] Die projektierten Kraftanlagen im Wäggital und am Etzel. «Schweiz. Bauzeitung», 1899 (Bd. 33), S. 139–140.
- [6] L. Kürsteiner: Die zweite Druckleitung des Elektrizitätswerkes Kubel. «Schweiz. Bauzeitung», 1906 (Bd. 48), S. 211–214.
- [7] G. Narutowicz: Das Elektrizitätswerk Andelsbuch im Bregenzer Wald. «Schweiz. Bauzeitung», 1910 (Bd. 55), Nr. 1–6.
- [8] L. Kürsteiner: Das Kraftwerk an der Vièze bei Monthey. «Schweiz. Bauzeitung», 1916 (Bd. 67), S. 291–295 und 303–306.
- [9] E. Meyer: Das Elektrizitätswerk Mühlberg; baulicher Teil. «Schweiz. Bauzeitung», 1926 (Bd. 87).
- [10] W. Jahn: Denkschrift über den Bau des Kraftwerkes Handeck. Kraftwerke Oberhasli, Innertkirchen, 1932.
- [11] «Neue Zürcher Zeitung»: Gedenktafel für Prof. Narutowicz. «Vierteljahrsschrift naturforschende Gesellschaft Zürich», 1932, S. 262–263.

Adresse des Verfassers: Niklaus Schnitter, dipl. Ing. ETHZ, Flienerweg 4, CH-8044 Zürich.

Vortrag, gehalten anlässlich der 10. Jahresversammlung der Schweiz. Vereinigung für Technikgeschichte in Mühlberg, 15. Mai 1993.

## Options pour l'arrêt des réacteurs nucléaires

Andrew Cruickshank

Au cours des cinquante années qui se sont écoulées depuis la première réaction en chaîne auto-entretenue qui s'est terminée devant un tribunal correctionnel de Chicago, l'industrie civile de l'énergie nucléaire s'est bien développée et elle produit aujourd'hui une proportion importante de courant électrique utilisé dans le monde.

Quelque 420 réacteurs d'énergie nucléaire fonctionnent actuellement dans le monde et, bien que le nombre de réacteurs qui seront probablement arrêtés au cours des dix prochaines années soit relativement faible, il y aura en l'an 2000 de plus en plus de centrales qui auront été en service pendant plusieurs décennies. Si l'on suppose généralement que la durée utile de tous les réacteurs est de 25 ans, il faudrait d'ici l'an 2010, arrêter quelque 300 unités. En réalité, on s'attend à ce que de nombreux réacteurs modernes aient une durée utile de 40 ans, et même plus, et par conséquent le chiffre de 300 unités est sans doute trop élevé.

Dans l'ensemble, la durée utile des installations nucléaires est déterminée par des considérations économiques. Si on les réaménage et modernise, les réacteurs peuvent avoir une durée utile beaucoup plus longue que celle prévue lors de leur conception, à condition toutefois qu'ils soient soumis à autorisation. Il arrive cependant un moment où il est préférable, du point de vue technique et du point de vue économique, de remplacer l'installation. Par exemple, aux Etats-Unis, deux usines ont récemment décidé, pour des raisons économiques, de fermer prématûrement les unités nucléaires dont les performances laissaient à désirer, plutôt que de remplacer les générateurs à vapeur défectueux, ce qui est une tâche très onéreuse.

En termes généraux, lorsqu'on décide d'arrêter une installation, il faut procéder de la manière suivante: retirer le combustible du réacteur et vidanger tous les circuits, contrôler sans arrêt les niveaux de radioactivité et décontaminer, le cas échéant, démonter et enlever les structures en béton, les canalisations, les composants du circuit primaire et les composants connexes, ainsi que tous les circuits électriques et autres, avant de traiter les déchets.

### Trois stades

L'arrêt s'effectue en trois stades principaux:

*Stade 1* – retrait du combustible, décontamination minimale, vidange des circuits de liquides, déconnexion des circuits de fonctionnement, contrôles physiques et administratifs pour assurer un accès limité, enfin surveillance et maintenance suivies pendant une période prédéterminée.

*Stade 2* – tous les matériels et structures qui peuvent être facilement démontés doivent être enlevés ou décontaminés et être mis à disposition pour être réutilisés. Les circuits restants doivent être vidés de tout liquide. Dans les centrales, l'écran de protection doit être prolongé et scellé afin d'obturer complètement la structure du réacteur. Dans les installations du cycle de combustible, on enlève parfois l'installation primaire radioactive et son équipement. La surveillance peut être réduite, mais il est souhaitable d'effectuer périodiquement des vérifications sur place et de surveiller l'environnement.

*Stade 3* – décontamination et enlèvement de tous les matériaux, équipements et structures restants. Les bâti-

ments peuvent être démolis et l'emplacement réutilisé bien qu'après décontamination on puisse quelquefois réutiliser certains bâtiments.

### Stratégie optimale

Parmi les facteurs qui entrent en ligne de compte lorsqu'on décide de la stratégie optimale pour arrêter un réacteur, il y a lieu de citer la stratégie nucléaire nationale, les caractéristiques de l'installation, la santé et la sécurité, la protection de l'environnement, la gestion des déchets radioactifs, l'utilisation future de l'emplacement, les améliorations à apporter à la technologie de l'arrêt que l'on appliquera à l'avenir, le coût et la disponibilité des fonds, ainsi que diverses considérations sociales.

Par exemple, au Royaume-Uni, l'entreprise Nuclear Electric a fait une analyse des diverses stratégies possibles pour arrêter un réacteur et elle a trouvé que deux méthodes présentaient des avantages certains sur le plan de la sécurité radiologique, tout en permettant des réductions potentielles de coûts, par rapport aux stratégies adoptées lors des premiers démantèlements.

La première stratégie est une variante du démantèlement Stade 2, et comprend la mise sous cocon de l'installation active et des bâtiments de l'emplacement de telle manière qu'on puisse les laisser en l'état, avec un minimum de maintenance, pendant environ 100 ans avant de les démanteler. Cette méthode est appelée «Safestore» en anglais, ou entreposage de sécurité.

La deuxième méthode est l'arrêt sur place. Cette méthode consiste à mettre en place un tumulus stable par dessus les bâtiments, ce qui, en fait, consiste à les enterrer. Ceci pourrait être fait à la place du Stade 3 ou des deux Stades 2 et 3. Nuclear Electric reconnaît que cette méthode est spéculative à cause des problèmes que l'on rencontre pour prouver que la sécurité est satisfaisante, mais elle permet d'importantes économies potentielles.

En fait, Nuclear Electric suggère l'adoption du système d'entreposage de sécurité différé et comprend le Stade 1 (retrait du combustible) entre 0 et 5 ans après l'arrêt du réacteur; suivi d'une période de surveillance entre la 6<sup>e</sup> et la 35<sup>e</sup> année; la construction d'un entreposage de sécurité entre la 35<sup>e</sup> et la 37<sup>e</sup> année; une deuxième période de surveillance entre la 37<sup>e</sup> et la 135<sup>e</sup> année; puis soit le démantèlement prévu au Stade 3, avec nettoyage du site, soit l'arrêt sur place.

### Techniques télécommandées

Les stratégies proposées par la plupart des entreprises européennes et américaines comprennent également une période d'entretien et de maintenance de 30 à 40 ans après le retrait du combustible. Dans le cas des réacteurs refroidis à l'eau, cette période est suivie par le démantèlement à l'aide de techniques télécommandées. Ce n'est que dans des circonstances particulières, comme au Japon où l'on doit réutiliser les emplacements par manque de place, ou comme en Suède, où on doit faire face à des pressions sociales, que la stratégie préférée est celle du démantèlement immédiat.

Les trois stades d'arrêt ont été appliqués pour de petits réacteurs d'essais, de formation et de démonstration de puissance, ainsi que sur des installations du cycle de combustible. Plusieurs projets importants sont en cours d'exécution ou sont projetés en Europe, en Amérique et au Japon pour déterminer comment effectuer l'arrêt des gros réacteurs et des installations du cycle de combustible.

La technologie adoptée actuellement s'est avérée satisfaisante pour arrêter les installations nucléaires en suivant l'un des trois stades. Bien qu'à ce jour l'expérience se limite surtout à des installations relativement petites, la même technologie peut être utilisée pour arrêter des installations plus importantes, de grande taille commerciale, si les processus de travail sont ajustés aux niveaux de radiation les plus élevés – la cuve du réacteur et les éléments internes doivent être démontés par télécommande, quelle que soit la puissance du réacteur.

La décontamination et la récupération faites après un accident, en particulier à Three Mile Island, ont permis de mettre à l'épreuve plusieurs techniques télécommandées et plusieurs méthodes de décontamination.

### Exigence essentielle

Il est essentiel de connaître l'importance de la radioactivité pendant tout le processus d'arrêt du réacteur; ceci est nécessaire pour établir la planification initiale, pour contrôler les déchets pendant le démantèlement et pour disposer du site lorsque le programme est terminé. Les caractéristiques, l'emplacement et la quantité totale de radioactivité résiduelle de l'installation sont d'importants facteurs pour déterminer le stade d'arrêt approprié.

Pratiquement toute la radioactivité d'un réacteur est concentrée dans la cuve du réacteur et dans les circuits internes, qui arrivent à ne comprendre que 5 à 10% des déchets attendus au stade 3 du démantèlement. Comme on peut s'y attendre, les déchets provenant du Stade 1 ou du Stade 2 sont bien moins importants que ceux du Stade 3.

La radioactivité d'une centrale électronucléaire provient surtout de l'irradiation des neutrons de la cuve du réacteur et des circuits internes, ainsi que d'une partie du béton armé qui l'entoure (dans le cas du réacteur canadien CANDU, qui n'a pas de cuve pressurisée, la radioactivité se trouve essentiellement dans les tubes et les calandres sous pression), de même que dans les tuyaux du circuit primaire.

### Défaillance du combustible

La contamination des circuits primaires et auxiliaires est due à la corrosion et à l'érosion des composants irradiés ainsi qu'au transport et au dépôt des agents de contamination contenus dans le fluide de refroidissement. De plus, la défaillance du combustible peut être à l'origine de fuites de produits de fission et de transuraniens dans le



Figure 1. Matériel de découpage à l'oxyacetylene pour découper un métal épais.

circuit de refroidissement. Dans les réacteurs à eau pressurisée (REP) et dans les réacteurs CANDU, la contamination est contenue dans le circuit primaire. Dans les réacteurs à eau bouillante (REB) la radioactivité passe dans la vapeur du circuit allant aux turbines. Dans le réacteur à CO<sub>2</sub> et U enrichi (AGR) utilisé au Royaume-Uni, le modérateur à graphite du réacteur contient d'importantes quantités de carbone-14 dues à l'irradiation des neutrons. De même, dans les réacteurs à eau lourde, d'importantes quantités de tritium sont produites dans le modérateur à eau lourde.

En termes simples, on peut dire que si l'on trouve une grande proportion d'isotopes à courte vie comme, par exemple, le cobalt-60 et le caesium-137, il peut être préférable de retarder l'adoption des stades autres que le Stade 1. Toutefois, s'il y a émission d'importantes quantités de particules alpha à vie plus longue comme, par exemple, le plutonium, il n'y a guère d'avantage à retarder le démantèlement du point de vue protection contre l'irradiation.

### Réactifs chimiques

En dehors de la décroissance naturelle, le seul autre moyen de faire baisser les niveaux de radiation est par décontamination. La décontamination chimique des circuits de réacteur à l'aide d'une vaste gamme de réactifs chimiques a largement fait ses preuves tant au cours d'opérations d'arrêt qu'au cours du fonctionnement normal des centrales électronucléaires commerciales. Dans ces dernières, le but est de réduire les doses professionnelles auxquelles les techniciens de la maintenance sont soumis, mais les réactifs ne décontaminent pas les surfaces jusqu'à des niveaux illimités, du fait qu'il faut éviter de détériorer les circuits.

On n'a pas besoin de prendre de telles précautions lorsque la centrale va être arrêtée et on peut donc utiliser des réactifs plus puissants. On peut, par exemple, employer des acides pour enlever une plus grande quantité de métaux pauvres et aussi pour décontaminer la surface, ce qui produit une décontamination plus efficace. On a également mis au point des techniques pour enlever la couche des surfaces contaminées du béton.

Plusieurs raisons économiques plaident en faveur d'une décontamination maximale avant de commencer le démantèlement d'une installation nucléaire. Par exemple, la décontamination peut diminuer les niveaux d'activité au point de pouvoir démanteler l'installation manuellement, alors qu'avant seules des techniques entièrement téléguidées auraient été acceptables. On peut aussi utiliser la décontamination pour abaisser le niveau de radioactivité des déchets pour concentrer la quantité de matière radioactive en un petit volume de déchets d'un niveau intermédiaire.

### Grande valeur

Enfin, la décontamination peut permettre le recyclage d'une plus grande quantité de déchets, ce qui est tout particulièrement intéressant du point de vue économique lorsqu'il s'agit d'un métal de grande valeur. Par exemple, en Allemagne, on a acquis une très grande expérience dans le recyclage du métal à très faible radioactivité provenant des installations arrêtées, en le fondant avec des métaux non contaminés.

Il n'existe pas de technique idéale pour le découpage et il faut faire un choix en pesant les avantages et les inconvénients d'une méthode donnée, dans les limites des contraintes de la matière ou de l'article qu'il faut découper et

aussi en tenant compte de l'environnement dans lequel on effectuera ce découpage. En général, comme l'essentiel du coût ne vient pas de l'outil de découpage mais du système de déploiement, on préfère un matériel facile à mettre en place et à utiliser.

Dans l'ensemble, on adopte la mise en place téléguidée soit lorsque la radiation est telle qu'il est impossible de procéder à des opérations manuelles soit, lorsque le travail manuel est en principe possible mais qu'il n'est pas recommandé à cause des risques ou parce que les temps de travail admissibles seraient trop courts pour que ce soit rentable ou pratique. A ce jour, on a utilisé trois principaux types d'équipement, en fonction de la géométrie qui se présente. Pour démanteler le réacteur, on profite de la symétrie circulaire de la pièce à travailler, car les manipulateurs ont tendance à être rotatifs et montés sur un mât, comme à Niederaichbach. Dans le cas des éléments chauds, on utilise normalement un bras télescopique articulé qui permet d'atteindre une pièce éloignée. Des robots télécommandés, entièrement mobiles, donnent une flexibilité encore plus grande, mais ils sont compliqués et difficiles à commander.

### Espace de stockage disponible

La tâche la plus difficile pendant le démantèlement des installations électronucléaires commerciales est la séparation en segments des cuves pressurisées et des circuits internes afin de les réduire en morceaux transportables sur les sites d'entreposage et de manière à utiliser au mieux l'espace de stockage disponible.

La segmentation télécommandée de la cuve pressurisée et des circuits internes a été effectuée de façon satisfaisante à Elk River, aux Etats-Unis, à l'aide d'un chalumeau oxyacéténique ou, au Sodium Reactor Experiment, avec un chalumeau à plasma d'arc. Au réacteur de Niederaichbach, en Allemagne, un manipulateur renforcé, construit spécialement, a permis de mettre en place une série de 12 outils électriques, comprenant entre autres des outils de meulage et de fraisage, un chalumeau à plasma d'arc, un système de vide pour couper et enlever 351 tubes sous pression et aussi pour retirer un protecteur de neutrons comportant des billes de 16 à 28 mm de diamètre; on a également découpé l'écran thermique et la cuve du modérateur à l'aide d'une scie circulaire. Au Japon, au réacteur JPDR, on a retiré les circuits internes avec un chalumeau à plasma d'arc tenu, tout d'abord par le manipulateur d'un robot télécommandé et ensuite par un porte-outil de type à mât. La cuve du réacteur a été découpée en segments à l'aide d'une scie à arc. Au Royaume-Uni, pour le réacteur AGR de Sellafield, on a coupé le dôme supérieur de la cuve du réacteur en utilisant un système de découpage à l'oxypropane monté sur une voie magnétique industrielle standard.

### Explosion contrôlée

La démolition des lourdes structures en béton armé et la scarification des surfaces en béton contaminées ont été faites de façon satisfaisante grâce à des techniques d'explosion contrôlée, et à des béliers hydrauliques et par perçage et écaillage. Récemment, on a adopté le carottage et le sciage au diamant, le jet d'eau abrasif et l'explosion contrôlée. Le découpage des barres se fait généralement avec un chalumeau oxyacéténique lorsqu'il s'agit de matériaux épais ou avec des cisailles ou des coupe-boulons lorsque le diamètre est plus petit. Au Royaume-Uni, on s'est surtout penché sur la mise au point de grosses

machines à découper (2,50 m) comportant des scies à diamant.

L'industrialisation de l'ensemble du processus d'arrêt des réacteurs exige que l'on adopte des méthodes routinières appropriées pour surveiller et classer les déchets avec précision, de manière à déterminer la meilleure voie à suivre pour en disposer. Cela implique aussi que l'on ait des installations convenables pour stocker les déchets, comme par exemple des entrepôts souterrains.

On pourrait faire des économies dans la gestion des déchets en réduisant leur volume et en abaissant leur classification, en les décontaminant ou en les isolant. Cependant, toutes ces techniques sont coûteuses, et dans chaque cas la stratégie la plus efficace est celle qui permet d'assurer l'équilibre entre les coûts et les principes économiques. On a fait des études poussées sur les techniques de réduction du volume comme, par exemple, la fonte du métal, le compactage par compression et l'incinération.

### Tache difficile

Bien que l'arrêt des réacteurs et des installations du cycle de combustible semble à priori être une tache difficile, il

ne s'agit, en fait, que d'importants travaux classiques de démolition, alliés à une certaine quantité de démontage télécommandé dans des milieux à forte radiation. En appliquant les pratiques sévères de physique sanitaire qui sont aujourd'hui la norme dans les centrales électronucléaires occidentales, l'arrêt des réacteurs devient une opération routinière.

La clé du succès réside dans la gestion adéquate des déchets et dans la mise en place de moyens appropriés pour en disposer. Bien qu'il existe déjà une technologie pour démanteler les réacteurs électronucléaires et les installations du cycle de combustible, même si les coûts varient d'une unité à l'autre, dans de nombreux pays il n'existe pas encore d'installation pour entreposer les déchets. Si l'on n'applique pas sérieusement les politiques appropriées pour disposer des déchets radioactifs, l'arrêt des réacteurs représentera toujours un gros problème pour les entreprises concernées.

Adresse de l'auteur: Dr Andrew Cruickshank, 2 Usk Way Oakfields, Didcot, GB-Oxon OX11 7SF.

## Erosionsschutz an fliessenden Gewässern

### Ausbau des Amperkanals

Erosions an den Innenböschungen, Beeinträchtigungen durch Wühltiere, Abrisse durch festfrierendes Treibis oder Wellenschlag in der Wasserwechselzone sind die Problembereiche jeder Kanalböschung. Besonders die Sanierung der Böschungen von Triebwerkskanälen erfordert die Umstellung der traditionellen, meist mit viel Handarbeit und somit hohen Kosten verbundenen Bauweisen auf rationellere und mit Geräten herstellbare Verfahren. Während Anwendungstechniken für Kunststoffe beim Neubau von Dämmen und Deichen schon weitgehend untersucht und meist über Jahre erprobt sind, ist der Einsatz von Geotextilien für den Unterhalt von bestehenden, alten Kanalanlagen noch im Erprobungsstadium. Deshalb interessiert dieser Erfahrungsbericht über einen über 70 Jahre alten Triebwerkskanal mit Reprofilierung der Rutschbereiche und besonderen Sicherungen an Böschungsfüssen und Wasser-Prallbereichen durch Einbau

von Strukturmatte zu einem ingeniermässigen biologischen Verbau [1].

Der 1909 bis 1922 gebaute Triebwasserkanal an der Amper nördlich von München dient heute einem modernen Kanalkraftwerk mit Rohrturbine (4,5 MW) und der Kühlwasserversorgung des modernsten Kohle-Heizkraftwerkes Bayerns. Deshalb muss er trotz seinen Bau- und anderen Mängeln, wie Trapezquerschnitte mit steilen, nur zum Teil mit Dichtungen versehenen Böschungen (Bilder 1 und 2) und Undichtigkeit auf 7 km Länge, weiter erhalten werden. Zur Sanierung wurde der Kanal langsam abgelassen (Zeitdauer 72 Stunden). So konnten die Fischer elektrisch abfischen und den grössten Teil des Fischbesatzes retten. Bereits am ersten Tag konnte der Schadenumfang zum grössten Teil abgeschätzt werden; fehlerhafte Behandlung der Auskolkungen von früher hat zu zusätzlicher Kanalzerstörung beigetragen, denn das Aufschütten von Wasserbausteinen, Betonbrocken, Betonplatten usw. in die Kolkbereiche führte lediglich zu höherer Auflast und verstärkten Böschungsrlutschungen. An einigen Stellen wurde dadurch sogar die dünne Lehmdichtung zerstört. Es wurden deshalb Abdeckungsmatten

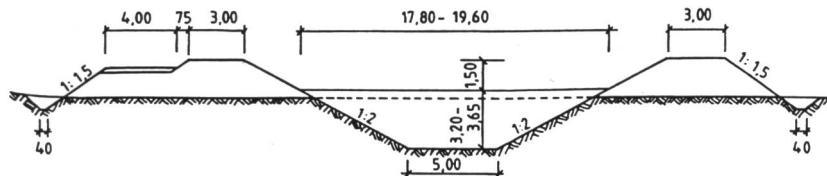


Bild 1. Kanal ohne Lehmdichtung (Querschnitt).

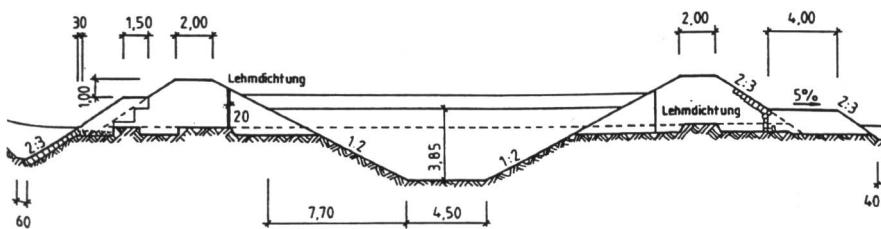


Bild 2. Kanal mit Lehmdichtung (Querschnitt).

Bild 3. Einbinden der Kunststoff-Strukturmatteenden und Abdecken der Dammkrone.

