Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 57 (1965)
Heft: 10

Artikel: Baubeginn für das Atomkraftwerk Beznau-Döttingen der Nok
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921040

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: 10.07.2025

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

BAUBEGINN FÜR DAS ATOMKRAFTWERK BEZNAU-DÖTTINGEN DER NOK

DK 621.311.25 : 621.039.577

Der 6. September 1965 — ein für das ganze Jahr 1965 repräsentativer regnerisch-trüber Tag — ist als bedeutender Markstein in der schweizerischen Elektrizitätsversorgung zu bezeichnen, da mit dem Bau des ersten grossen industriellen Atomkraftwerks die bisher praktisch ausschliesslich auf der heimischen Wasserkraft beruhende Stromerzeugung in Zukunft durch die friedliche Verwendung der Atomenergie ergänzt wird. Auf Einladung der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG fand sich in Baden eine grosse Schar Geladener für die Behörden- und Presseorientierung über den Baubeginn für das Atomkraftwerk Beznau-Döttingen ein. Mit Cars wurde man vorerst nach Döttingen geführt, wo interessante Erläuterungen mit anschliessender Diskussion stattfanden.

Ständerat Dr. E. Bachmann (Aarau), der neue Präsident des Verwaltungsrates der NOK, begrüsste die zahlreichen Gäste und äusserte dann einige Gedanken über die Elektrizitätspolitik der NOK. Hierauf folgte ein sehr aufschlussreiches Referat von Dipl. Ing. F. Aemmer (Baden), Direktor der NOK, mit folgendem Wortlaut:

Es handelt sich um ein Ereignis, das nicht nur für die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, sondern auch gesamtschweizerisch betrachtet, einen Markstein in der Entwicklung der schweizerischen Energiewirtschaft darstellt, wird doch damit für die Schweiz der Uebergang von der experimentellen Phase der friedlichen Ausnützung der Atomenergie in die technisch-wirtschaftliche Phase, deren Ausnützung zur Erzeugung elektrischer Energie, markiert. Es ist deshalb naheliegend, die Ausführungen unter die folgenden Titel zu stellen:

1. Warum wird für die schweizerische Energieversorgung, und für die Bedürfnisse der NOK im besonderen, ein Atomkraftwerk benötigt?
2. Wie wird dieses Atomkraftwerk in technischer Hinsicht gestaltet sein?
3. Wie hoch sind die Baukosten und die Energiegestehungskosten, und wer wird an den Lieferungen beteiligt sein?

1. Die Antwort auf die erste Frage: «Warum wird für die schweizerische Energieversorgung und für die Bedürfnisse der NOK ein Atomkraftwerk benötigt?» lautet fast selbstverständlich: «Weil der zu deckende Energiebedarf von Jahr zu Jahr weiter ansteigt.» Trotz dieser Selbstverständlichkeit der Beantwortung ist es aber von Interesse, auf die mengenmässigen Verhältnisse des Bedarfszuwachses etwas näher einzugehen.

In der Schweiz ist die Verwendung der Elektrizität, dieser leicht einsetzbaren, sauberen und im Preise günstigen Energieform, bereits weit verbreitet. Trotzdem nimmt gerade heute der Bedarf sehr stark zu. Im Haushalt werden neben dem elektrischen Herd immer mehr Küchenmaschinen, Kühlschränke, Waschmaschinen usw. installiert. Gewerbe und Industrie müssen sich wegen mangelnder Arbeitskräfte wesentlich mehr mechanisieren und automatisieren. Ueberall werden neue elektrische Apparate und Maschinen angeschlossen. Es sei nur an die Ausdehnung der Raumklimatisierung erinnert.

Der Bedarfszuwachs beträgt in der Schweiz jährlich etwa 6 Prozent. Dies bedeutet eine Verdoppelung des Energiebedarfs in zwölf Jahren, das heisst, dass in den kommenden zwölf Jahren gleich viel Produktionsmöglichkeit, und auch Verteilmöglichkeit, für elektrische Energie erstellt werden muss wie in den vergangenen 50 Jahren, das heisst seit dem Zeitpunkt, in welchem der Ausbau unserer elektrischen Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen überhaupt in bedeutenderem Masse eingesetzt hat. Aus dieser Feststellung geht die Grösse der Aufgabe hervor, vor die unsere Elektrizitätswerke in der nächsten Zukunft gestellt sein werden.

Die Verbrauchszunahme sei an Hand der graphischen Darstellung in Bild 2 näher betrachtet. Diese stellt den Elektrizitätsverbrauch pro Kopf der schweizerischen Bevölkerung dar, ausgehend vom Jahr 1930 bis in die neueste Zeit. Es geht daraus hervor, dass der Elektrizitätsverbrauch unserer Bevölkerung, der im Jahre 1961 3480 kWh pro Kopf betrug, wesentlich höher liegt als der spezifische Verbrauch in Grossbritannien (2640 kWh), Westdeutschland (2260 kWh),

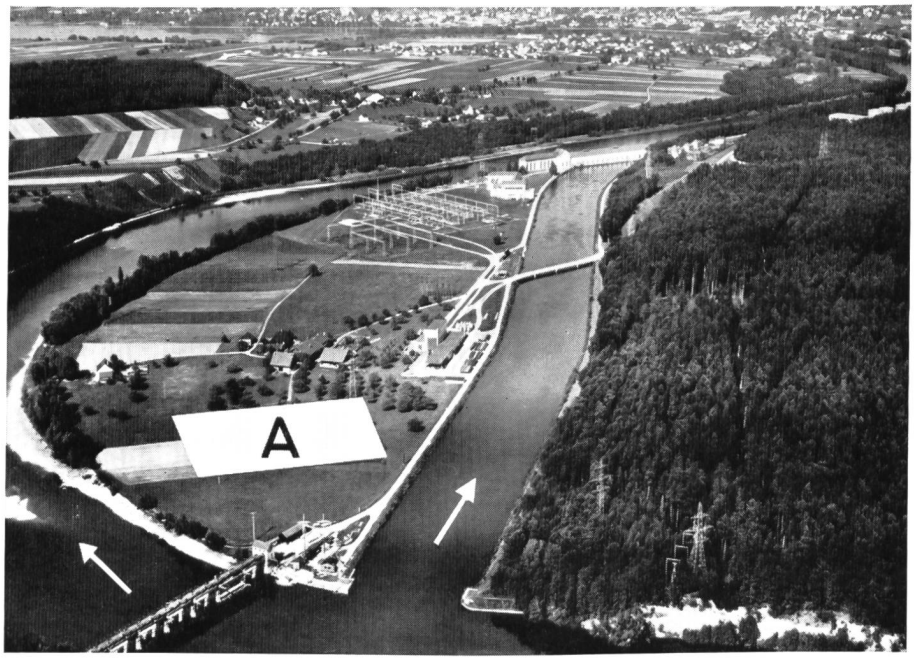


Bild 1
Luftaufnahme der Kraftwerkanlagen Beznau und Standort des Atomkraftwerkes Beznau-Döttingen (A).

Links Aarelauf, im Vordergrund Stauwehr, in Bildmitte Oberwasserkanal des unterhalb liegenden Wasserkraftwerkes Beznau, das 1898/1904 gebaut wurde; links vom Wasserkraftwerk die Freiluftschaltanlage, rechts am Bildrand im Walde das 1946/49 errichtete Gasturbinenkraftwerk Beznau. Das Gebäude links am Oberwasserkanal enthält eine Transformatoren-Revisionshalle sowie Lager. Am oberen Bildrand die Ortschaften Klingnau und Döttingen.

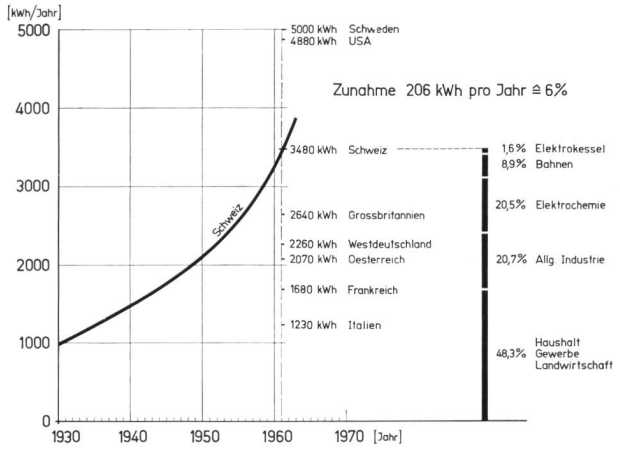


Bild 2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf der Bevölkerung

Oesterreich (2070 kWh), Frankreich (1680 kWh) und Italien (1230 kWh). Er wird aber anderseits um 40 Prozent übertroffen durch den Verbrauch in den Vereinigten Staaten von Amerika (4880 kWh) und um 43 Prozent durch den Verbrauch in Schweden (5000 kWh).[1] Aus der Kurve im Diagramm ist weiter ersichtlich, dass der schweizerische Elektrizitätsverbrauch noch immer in starkem Ansteigen begriffen ist, und zwar mit einer Zunahme von 206 kWh pro Kopf und Jahr, entsprechend einem Ansatz von 6 Prozent. Dies lässt darauf schliessen, dass wir von der Sättigung des schweizerischen Energiebedarfes noch weit entfernt sind, eine Feststellung, die auch dadurch bekräftigt wird, dass auch in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Schweden, trotz des bereits erreichten höheren Verbrauches pro Einwohner, der Zuwachs des Bedarfes noch weiterhin anhält. Es ist also nicht daran zu zweifeln, dass sich die schweizerischen Elektrizitätswerke dafür einrichten müssen, in Zukunft einen noch wesentlich höheren Energiebedarf decken zu können, als er heute vorhanden ist.

Etwas mehr Unsicherheit ist in Bezug auf das Tempo, mit dem der Bedarf ansteigen wird, vorhanden. In dieser Hinsicht lässt uns aber die Vergangenheit erkennen, dass sogar während der stärksten Krisenzeit der dreissiger Jahre ein Rückgang des Energieumsatzes in der Schweiz, mit Ausnahme eines einzigen Jahres, nie eingetreten ist, sondern dass diese schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse

[1] Noch grösser ist der spezifische Verbrauch in Kanada und besonders in Norwegen.

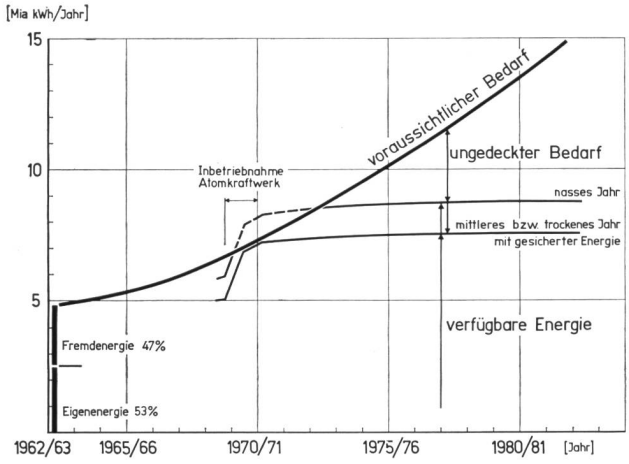


Bild 3 Langfristige Bedarfsdeckung der NOK ab 1970

lediglich eine Verlangsamung und, mit obiger Ausnahme, keine Unterbrechung des Bedarfzuwachses zur Folge hatten. Dies ist wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, dass am Energiekonsum alle Bevölkerungs- und Industrie-Kreise beteiligt sind und zwar, wie dies ebenfalls aus der graphischen Darstellung hervorgeht, Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft mit 48,3 %, die allgemeine Industrie mit 20,7 %, die Elektrochemie mit 20,5 % und die Bahnen mit 8,9 %. Auf die Belieferung der Elektrokessel entfällt 1,6 %.

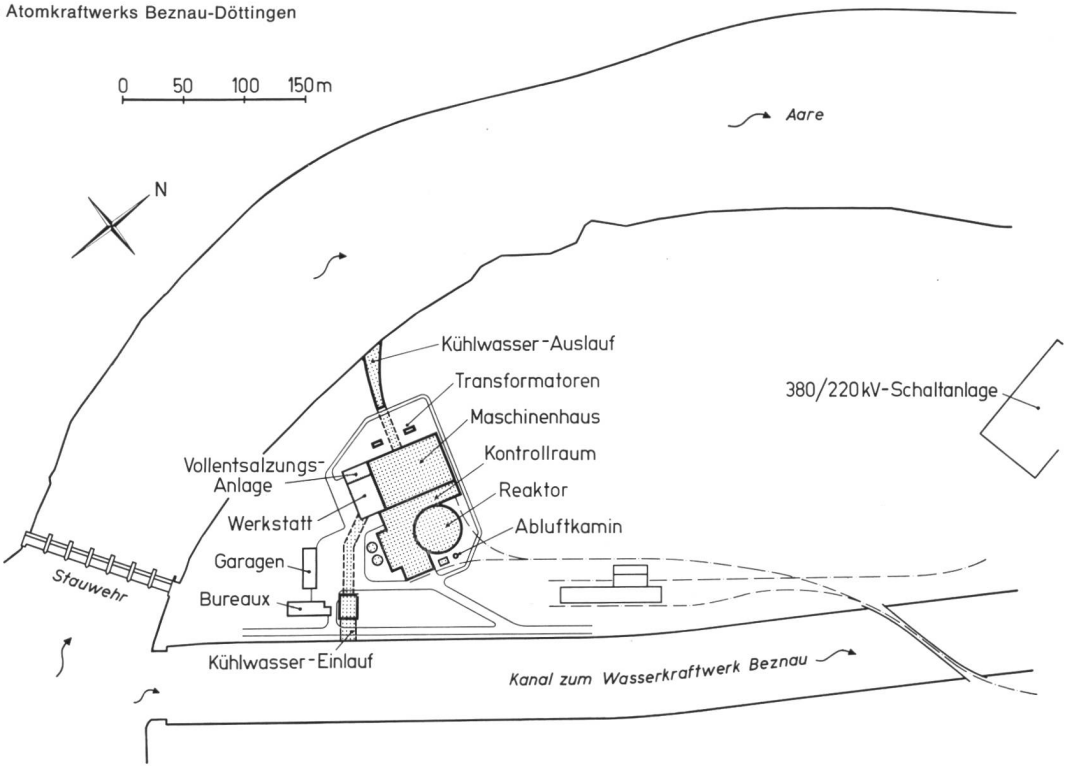
Die Auswirkungen des in Zukunft zu erwartenden Bedarfszuwachses auf das Energiebeschaffungsprogramm der NOK im besonderen sind in der graphischen Darstellung von Bild 3 gezeigt.

Hier ist besonders darauf hinzuweisen, dass die NOK bereits im Jahre 1962/63 47 % ihres Energiebedarfes durch Energieankäufe von fremden Werken deckten, während nur 53 % der umgesetzten Energie aus eigenen Anlagen stammten, wobei Anteile, die aus Partnerwerken auf Grund von Beteiligungsverträgen bezogen werden, im obigen Ansatz von 53 % Eigenenergie eingeschlossen sind. Seit 1962 ist der Anteil an Fremd-Energie noch weiter angestiegen. Deren Bezug erfolgt von in- und ausländischen Elektrizitätsunternehmungen auf Grund von Energielieferungsverträgen, wobei diese Vertragspartner bereit sind, der NOK diese Energie so lange zur Verfügung zu stellen, als sie diese für ihre eigenen Bedürfnisse nicht selbst benötigen. Tritt dieser Fall ein, so werden sie auf diese Energie für ihre eigenen Bedürfnisse zurückgreifen und die Lieferverträge überhaupt nicht, oder dann nur zu ungünstigen Bedingungen erneuern. Es ist offensichtlich, dass diese Art der Deckung des Energiebedarfes mit einem Anteil von Fremdenergie von beinahe der Hälfte des Gesamtbedarfes nicht als eine auf die Dauer befriedigende Energie-Beschaffungsmethode betrachtet werden kann. Den NOK stellt sich somit die Aufgabe, nicht nur für die Deckung des zukünftigen Mehr-Bedarfes besorgt zu sein, sondern gleichzeitig, in Abweichung von den Verhältnissen bei anderen schweizerischen Elektrizitätsunternehmungen, auch noch ihren übermässigen Anteil von Fremd-Energie durch Eigen-Produktion zu ersetzen.

Während bis anhin die benötigte elektrische Energie in der Schweiz sehr günstig aus den einheimischen Wasserkräften beschafft werden konnte, geht deren Ausbau bekanntlich dem Abschluss entgegen. Die topographisch günstigen Möglichkeiten sind bereits weitgehend ausgenützt, so dass lediglich noch Ausbaumöglichkeiten verfügbar bleiben, die früher infolge ihrer hohen Kosten als unrealisierbar betrachtet wurden. Seither sind die Baukosten als Folge der eingetretenen Teuerung noch weiter angestiegen. Dazu kommt die Erhöhung der Kapitalzinsen, die sich auf die Gestehungskosten der Energie aus solchen Anlagen in besonders starkem Masse auswirkt. Aber auch ganz unbekümmert um diese wirtschaftlichen Beschränkungen wäre es als Folge der ausserordentlichen Personal- und Materialintensität beim Bau von Wasserkraftwerken ganz undenkbar, deren Weiterausbau mit einem Terminprogramm durchzuführen, das eine Verdoppelung der vorhandenen Produktionsmöglichkeit innerhalb einer Zeitspanne von zwölf Jahren ergibt. Die Elektrizitätswerke müssen sich also notgedrungen neben dem Weiterausbau der Wasserkräfte auch noch anderen Erzeugungsmöglichkeiten elektrischer Energie zuwenden. Hiefür kommen Atomkraftwerke und mit Oel beheizte konventionell-thermische Kraftwerke in Betracht.

Bei den NOK handelt es sich bei diesem zusätzlichen Bedarf vorwiegend um Energie, die während des ganzen Jahres praktisch mit einer konstanten Leistung benötigt wird, also um sogenannte Bandenergie. Für die Erzeugung dieser Energiequalität kommt in wirtschaftlicher Hinsicht in

Bild 4 Lageplan des Atomkraftwerks Beznau-Döttingen



erster Linie ein Atomkraftwerk in Betracht, und dies ist der Grund, weshalb sich die NOK zum Bau des Atomkraftwerkes Beznau-Döttingen entschlossen haben. Dabei liegen die Verhältnisse mengenmässig so, dass im Zeitpunkt der Betriebsaufnahme des Atomkraftwerkes Beznau-Döttingen, also im Herbst 1969, die ganze Energieproduktion dieses Kraftwerkes von etwa 2,5 Milliarden kWh pro Jahr für NOK-eigene Bedürfnisse benötigt wird, falls es sich um ein Jahr schlechter oder mittlerer Wasserführung handeln sollte. Lediglich im Falle, dass das Inbetriebsetzungsjahr 1969 für die Wasserkraftanlagen extrem günstige Produktionsverhältnisse bringen sollte, kann der Bedarf durch die hydraulische Produktion so weit gedeckt werden, dass die aus dem Atomkraftwerk anfallende Energie nicht in vollem Ausmasse für die eigenen Bedürfnisse beansprucht wird. Diese Verhältnisse sind aus der graphischen Darstellung ersichtlich.

Selbstredend wird von den NOK für die Deckung des zukünftigen Bedarfszuwachses auch noch kurzzeitig einsetzbare Energie, also sogenannte Spitzenenergie, benötigt. Diese Energiequalität steht als Folge des starken Ausbaues der neuen in Betrieb gekommenen Speicherwerke Vorderrhein und Linth-Limmern auf viele Jahre hinaus in reichlichem Ausmass zur Verfügung.

2. Und nun zur zweiten Frage: «Wie wird dieses Atomkraftwerk in technischer Hinsicht gestaltet sein?»

Hiefür ist die Wahl des Standortes von bestimmendem Einfluss. Bei hydraulischen Kraftwerken ist der Standort durch die Natur vorgeschrieben. Ausreichende Wassermengen und ein günstiges Gefälle sind die Voraussetzung für den Bau. Bei thermischen Zentralen, seien es nun Kraftwerke mit Wärmeerzeugung durch Verbrennung von Oel, oder Atomkraftwerke, bei denen die Wärme durch Atomspaltung erzeugt wird, hingegen erscheint die Standortwahl zunächst viel einfacher. Aber auch hier sind eine ganze Anzahl von Gesichtspunkten zu beachten, welche die freie Wahl stark einschränken. Es sind dies die folgenden:

Im Gegensatz zu einem thermischen Kraftwerk mit Oelfeuerung stellt die Brennstoffzufuhr beim Atomkraftwerk allerdings kein Problem dar. Bei dem für die Anlage Beznau gewählten Kraftwerktyp kann aus einer Tonne nuklearem Brennstoff etwa 45 000 mal mehr elektrische Energie gewonnen werden als aus einer Tonne Oel. Der jährliche Verbrauch liegt für eine Jahresproduktion von 2,5 Mrd kWh bei etwa 13 t nuklearem Brennstoff, gegenüber ca. 600 000 t Oel, die in einem mit Oel beheizten Kraftwerk für die Erzeugung der gleichen Energiemenge benötigt würden.

Alle thermischen Kraftwerke brauchen viel Kühlwasser. Aus physikalischen Gründen lässt sich die im Dampf enthaltene Wärmeenergie nur zu 30 bis 40 % in mechanische Energie für den Antrieb der Generatoren überführen. Der Rest muss bei möglichst tiefer Temperatur abgeleitet werden. Dies ist am besten möglich, wenn die Zentrale an einem grösseren Fluss liegt, der während des ganzen Jahres in ausreichender Menge möglichst kaltes Wasser führt, das für die Kühlung der Kondensatoren der Dampfturbinenanlage verwendet werden kann.

Für den Bau eines Grosskraftwerkes sind schwere und sperrige Teile anzutransportieren, und gute Zufahrtsmöglichkeiten sind deshalb ein Erfordernis.

Die Uebertragung des elektrischen Stromes über grössere Entfernungen verursacht Kosten und zusätzliche Energieverluste. Das Kraftwerk sollte deshalb nicht zu weit vom Verbrauchsgebiet entfernt stehen.

Alle diese Voraussetzungen: genügend Kühlwasser, gute Zufahrtsmöglichkeiten, kurze Uebertragungsdistanzen der Energie bis zu den Verbrauchern sind für den für das Atomkraftwerk der NOK gewählten Standort in der Beznau in hervorragendem Masse vorhanden. Dabei kommt die Gemeinde Döttingen in die geschichtlich einmalige Lage, innerhalb ihres Gemeindebannes nicht nur über eines der ersten grossen hydraulischen Kraftwerke zu verfügen, ferner nicht nur dem ersten Gasturbinen-Kraftwerk von kommerzieller Bedeutung Gastrecht zu gewähren, sondern auch dem ersten schweizerischen Atomkraftwerk von kommerzieller und energiewirtschaftlicher Bedeutung seinen Standort zur Verfügung zu stellen.

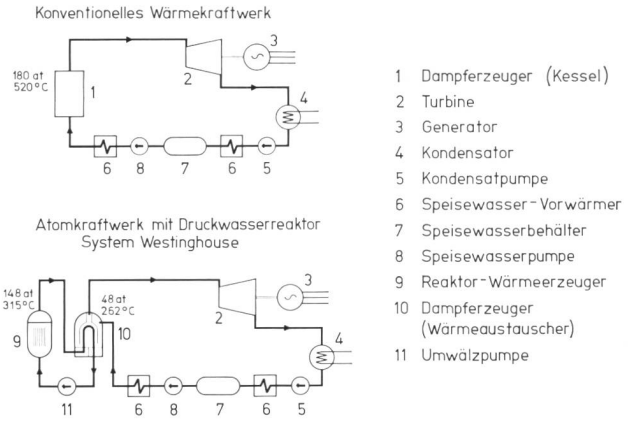


Bild 5 Prinzipschema des Wärmekreislaufes in Wärmekraftwerken

Für das Atomkraftwerk Beznau wurde das System des Druckwasserreaktors gewählt, das mit angereichertem Uran als Brennstoff und mit leichtem Wasser als Wärmeträger und gleichzeitig Moderator arbeitet. Dieses System wurde von der amerikanischen Westinghouse Electric Co. entwickelt und in verschiedenen Anlagen zur Ausführung gebracht, von denen einige bereits heute auf eine erfolgreiche Betriebsdauer von mehreren Jahren zurückblicken können. So ist insbesondere die Anlage Yankee in den Vereinigten Staaten von Amerika zu erwähnen, die 1960 in Betrieb kam und seither mehr als 4,5 Mrd. kWh erzeugt hat, also eine Energiemenge, die ungefähr einem jährlichen Bedarf der NOK entspricht. Weitere Anlagen dieses Systems sind im Bau.

Die wichtigsten technischen Daten des Atomkraftwerks Beznau sind die folgenden:

Nutzleistung des Kraftwerkes	350 MW_e
Energieproduktion bei Vollastbetrieb während 7000 Stunden pro Jahr	2450 Mio kWh
Anzahl Reaktoren	1
Anzahl Turbinen-Generatorgruppen	2
Gewicht einer Brennstoffladung	ca. 40 t
Brennstoffbedarf bei 7000 Vollaststunden pro Jahr	ca. 13 t/Jahr
Kühlwasserbedarf	max. 20 m^3/s

Standort und Gestaltung der Anlage sind aus den Bildern 1, 4, 5 und 6 ersichtlich.

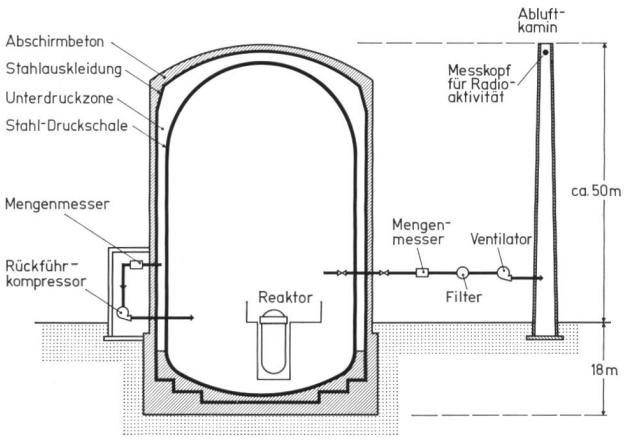


Bild 6 Atomkraftwerk Beznau-Döttingen: doppelwandiger Sicherheitsbehälter

3. Und nun zur dritten der gestellten Fragen: «Wie hoch sind die Baukosten und die Energiegestehungskosten und wer wird an den Lieferungen beteiligt sein?»

Bekanntlich zwang die in den letzten Jahren eingetretene Teuerung verschiedene Kraftwerk-Unternehmungen, ihre Kostenvoranschläge für die im Bau befindlichen Wasserkraftwerke zu revidieren und wesentlich zu erhöhen. Solchen Teuerungsrisiken wird selbstverständlich auch das Bauvorhaben des Atomkraftwerkes Beznau ausgesetzt sein. Dazu kommen bei einer ersten Anlage dieses neuen Systems noch zusätzliche Unsicherheiten in Bezug auf die endgültige bauliche und maschinelle Gestaltung, auf den Umfang der erforderlichen baulichen Sicherheitsmassnahmen, die Ausbildungskosten des Personals usw., die sich ebenfalls kostenverteuernd auswirken können. Unter vernünftiger Berücksichtigung und Einschätzung dieser Verhältnisse rechnen die NOK mit Erstellungskosten der Anlage, ohne Beschaffung des Brennstoffes, von etwa 350 Millionen Franken.

Dabei ist man sich durchaus bewusst, dass diese Kostenschätzung wesentlich höher liegt, als die Kostenangaben, die häufig in Veröffentlichungen zu finden sind, und die fast ausnahmslos nur einen Teil der Aufwendungen betreffen. Bei der Beurteilung dieser Verhältnisse ist zu berücksichtigen, dass der genannte Betrag von 350 Mio Franken nicht nur den an einen Generalunternehmer vergebenen Lieferungsumfang umfasst, sondern auch alle übrigen, dem Bauherrn verbleibenden Kostenanteile einschliesst. Dies betrifft insbesondere den Landerwerb und die Erschliessung des Geländes durch Zufahrtsstrassen, Wasserversorgung und Kanalisation, die Baugrundsondierungen, die Einrichtung für die Zu- und Abführung des Kondensatorkühlwassers, die Anlagen für die Auftransformierung und den Abtransport der Energie nach dem bestehenden Unterwerk Beznau, das heisst alles was für die Vervollständigung des an den Generalunternehmer übertragenen Arbeits- und Lieferungsumfanges zu einer betriebsbereiten Kraftwerkanlage erforderlich ist. Selbstverständlich gehören dazu auch die Aufwendungen für die Erstellung von Dienstwohnungen für einen grossen Prozentsatz des ca. 80 Mann zählenden Betriebspersonals, die Aufwendungen für dessen Ausbildung und insbesondere auch die Kosten für die Geldbeschaffung und die Verzinsung des investierten Kapitals während der Bauzeit, was sehr beträchtliche Beträge ausmacht.

Die Baukosten von 350 Mio Franken sind zu verzinsen und zu amortisieren, woraus sich nach Einschluss von Personalkosten, Steuern, Versicherungen usw. die festen Jahreskosten ergeben, das heisst derjenige Anteil der Jahreskosten, der unbekümmert um die Grösse der Energieproduktion Jahr für Jahr anfällt. Hier besteht nun im besonderen Unsicherheit in Bezug auf die Festsetzung der Amortisationsdauer. Kann es verantwortet werden, bei der Festsetzung der Amortisationsquote eine Lebensdauer der Anlage von 20 oder gar 25 Jahren in Rechnung zu stellen, oder ist eine solche Anlage infolge rascher Abnützung oder wegen der raschen technischen Entwicklung vielleicht schon nach 17 Jahren veraltet, was eine Amortisation in dieser Zeit verlangen würde, wie dies zum Beispiel in Deutschland erfolgt? Hierüber fehlt heute noch jede Erfahrung, da die ältesten Anlagen sich erst einige wenige Jahre in Betrieb befinden.

Neben diesen festen Jahreskosten sind zusätzlich die Brennstoffkosten aufzubringen. Auch hier bestehen zahlreiche Unsicherheiten. Vom Ankauf des Rohurans bis zu dessen Verarbeitung zu einsatzbereiten Brennstäben sind zahlreiche Prozesse durchzuführen, wie chemische Umwandlung in Uranhexafluorid, Anreicherung des Gehaltes an

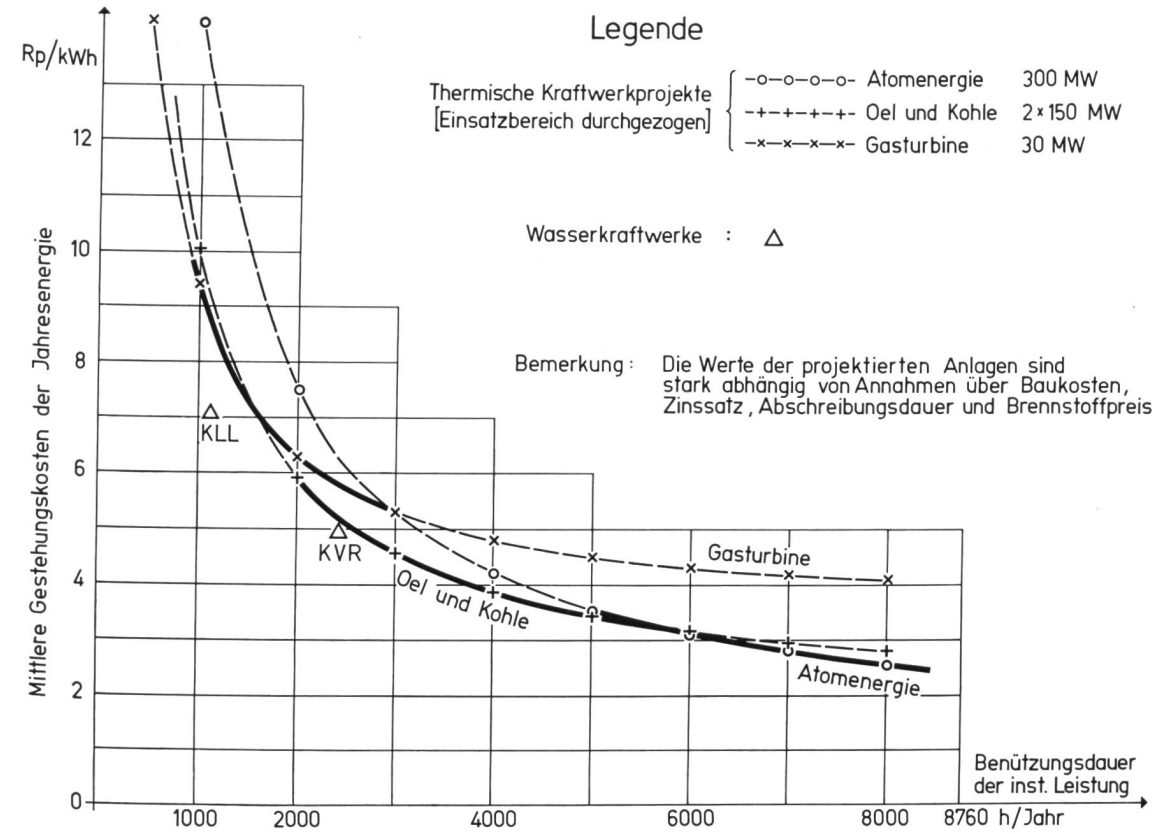


Bild 7 Energiegestehungskosten verschiedener Kraftwerktypen in Abhängigkeit von der Benützungsdauer

U 235, Fabrikation der eigentlichen Brennstoffelemente. Dazu sind umfangreiche Transporte auszuführen, Versicherungen abzuschliessen und analog wie bei der Kraftwerkanlage die anfallenden Geldbeschaffungskosten und Bauzinsen aufzubringen. Unter vernünftiger Einschätzung der Unsicherheit dieser Kostenbestimmungen rechnen die NOK mit Brennstoffkosten von 1,0 bis 1,1 Rappen pro erzeugte Kilowattstunde.

Die Berechnungen der Baukosten, festen Jahreskosten und Brennstoffkosten führen unter vernünftiger Einschätzung dieser Unsicherheiten der Berechnungsgrundlagen zu Energiegestehungskosten von 2,8 Rappen pro Kilowattstunde (kWh), das heisst zu dem Ansatz der schon anlässlich früherer Pressekonferenzen bekannt gegeben worden ist. Diese Energiegestehungskosten von 2,8 Rappen pro kWh stützen sich auf die Annahme, dass das Kraftwerk während 7000 Stunden pro Jahr mit Vollast betrieben wird und somit etwa 2,5 Mrd. kWh jährlich erzeugt.

Bei einem Vollasteinsatz von nur 4000 Stunden pro Jahr, entsprechend einer Jahresproduktion von 1,4 Mrd kWh, steigen die Gestehungskosten auf etwas über 4,2 Rappen pro kWh an, da sich in einem solchen Falle die festen Jahreskosten für Verzinsung, Amortisation, Versicherungen und Betrieb auf eine kleinere Produktionsmenge verteilen. Unter der theoretischen Annahme, dass das Atomkraftwerk für die Lieferung von Spitzenenergie mit einer Benutzungsdauer von lediglich 1000 Stunden pro Jahr eingesetzt würde, wie dies bei hydraulischen Speicherwerken oft der Fall ist, würden diese Energiegestehungskosten auf 14 Rappen pro kWh ansteigen, also auf einen Wert, der höher liegt als bei allen bestehenden und im Bau befindlichen hydraulischen Speicherwerken. Aus diesen Angaben geht der Einfluss der Benützungsdauer auf die Energiegestehungskosten hervor, Verhältnisse, die leider in letzter Zeit in zahlreichen Veröffentlichungen missachtet wurden. Es würde zu weit führen, näher hierauf einzugehen.

Viele von Ihnen — äusserte Dir. Aemmer — werden in den letzten Tagen in Pressemitteilungen von Stellen, die es besser wissen wollen, von Gestehungskosten gelesen haben, die zwischen 1,7 und 2,1 Rp./kWh genannt werden. Die NOK würden sich glücklich schätzen, falls dies zutreffen würde, bedauern aber, bestätigen zu müssen, dass der schon in einer früheren Pressekonferenz genannte Ansatz von 2,8 Rp./kWh, bezogen auf eine Benützungsdauer von 7000 Stunden pro Jahr, beim Kraftwerk Beznau kaum wesentlich unterschritten werden dürfte. Es wäre sinnlos, sich in dieser Hinsicht selbst zu täuschen, um so mehr, da man im Vergleich mit anderen Produktionsmöglichkeiten auch diesen Ansatz als günstig erachten muss. Dies geht aus der interessanten graphischen Darstellung in Bild 7 hervor, in welcher, in Abhängigkeit der Benützungsdauer, die Gestehungskosten der Energie aus Atomkraftwerken, konventionellen thermischen Kraftwerken mit Kohle- oder Oelfeuerung, und aus zwei typischen hydraulischen Speicherwerken aufgetragen sind, nämlich den Kraftwerken Vorderrhein und den Kraftwerken Linth-Limmern.

Sehr oft wird die Frage aufgeworfen, warum man sich beim Kraftwerk Beznau auf eine Leistung von 350 MW beschränkt und nicht, gemeinsam mit anderen Unternehmungen, ein Kraftwerk von beispielsweise doppelter Leistung, also von etwa 700 MW erstellt, da die Energiegestehungskosten um so niedriger ausfallen, je grösser die Kraftwerkleistung gewählt wird. Gegen ein solches Vorgehen sprechen sowohl Gründe technischer als auch wirtschaftlicher Natur, und zwar die folgenden:

Einmal wird es sich beim Kraftwerk Beznau im Zeitpunkt seiner Inbetriebsetzung um die grösste Atomkraft-Anlage Zentraleuropas handeln, welche diese Leistung in einem

Bild 8 Der erste «Spatenstich» für das grosse Atomkraftwerk Beznau-Döttingen der NOK, der heutigen Technik entsprechend allerdings mit Grossgeräten.

Bild 9 (unten)
Prominente Zuschauer: Bundesrat Dr. W. Spühler, Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes, sowie a. Regierungsrat Dr. P. Meierhans und Ständerat Dr. E. Bachmann, früherer und heutiger Verwaltungsratspräsident der NOK.

einzigen mit angereichertem Uran betriebenen Reaktor erzeugt. Unserer Auffassung nach ist es nicht verantwortbar, die technischen und finanziellen Risiken, die mit der Einführung dieser neuen Technik unvermeidbar verbunden sind, durch Wahl einer noch grösseren Einheitsleistung auf die Spitze zu treiben. Sodann benötigt jede technische Anlage zur periodischen Ueberholung gewisse Stillsetzungen,

und es sind auch unvorhergesehene Ausserbetriebsetzungen, verursacht durch Störungen, unvermeidlich. Es ist nun nicht gleichgültig, ob als Folge eines solchen Vorkommnisses die schweizerische Kraftwerk-Kombination auf eine Leistung von 350 MW oder von 700 MW verzichten muss, entspricht doch die Jahresproduktion eines Atomkraftwerkes von 700 MW Leistung beinahe 20 Prozent des im Jahre 1970 zu erwartenden gesamtschweizerischen Jahres-Energiebedarfes. Aus diesen betrieblichen Gründen ist eine Kraftwerkleistung von 350 MW auf einige Jahre hinaus für unsere schweizerischen Verhältnisse die maximale verantwortbare Leistung.

Auch bezüglich Energiebeschaffungskosten würde ein Kraftwerk von 700 MW Leistung keine Vorteile bieten gegenüber zwei einzelnen Kraftwerken von je 350 MW, von denen jedes möglichst im Zentrum des von ihm zu bedienenden Versorgungsgebietes aufgestellt ist. Wenn auch die Energieerzeugungskosten, auf den Kraftwerkstandort bezogen, bei einer 700 MW-Anlage etwas niedriger ausfallen, als bei zwei getrennten 350 MW-Anlagen — es dürfte sich um eine Verbilligung von etwa 15 Prozent, entsprechend 0,4 Rp./kWh, handeln — so ist zu beachten, dass diese scheinbare Ersparnis anderseits durch zusätzliche Aufwendungen praktisch ausgeglichen wird. Einmal ist bei der Konzentration der Leistung in einem einzigen Kraftwerk ein Teil der Produktion in das benachbarte Versorgungsgebiet zu transportieren, was Leitungen verlangt und Transportkosten verursacht. Sodann muss zur Ueberbrückung der Stillstandsperioden zwecks Ausführung von Revisionsarbeiten und Brennstofferneuerung im einen Fall die Ersatzenergie für eine Leistung von 700 MW beschafft werden, gegenüber 350 MW bei zwei getrennten Kraftwerken, da im letzten Fall die Revisionsperioden so angesetzt werden können, dass sie sich zeitlich nicht überlappen. Durch diese zusätzlichen Aufwendungen für den Energietransport und für die vertragliche Sicherung von Reserveleistung wird die Ersparnis an Energieerzeugungskosten, die als Folge der Vergrösserung der Kraftwerkleistung eintritt, praktisch aufgewogen, wie dies sorgfältige Berechnungen gezeigt haben.

Die technischen und wirtschaftlichen Ueberlegungen führen also zum gleichen Ergebnis. Sie zeigen, dass für unsere schweizerischen Verhältnisse ein zusätzlicher Bedarf an Atomenergie vorläufig zweckmässiger durch Erstellung weiterer unabhängiger Kraftwerke mit Leistungen von 300 bis 400 MW gedeckt wird, bevor auf grössere Kraftwerk-Einheitsleistungen übergegangen wird. Da die technische

und wirtschaftliche Lebensdauer solcher Anlagen ohnehin nicht viel mehr als 20 Jahre betragen dürfte, kann dem Wunsche nach Vergrösserung der Kraftwerkleistung zweifellos anlässlich der Erstellung der nächsten Kraftwerk-Generation auf dem alten Standort Rechnung getragen werden.

Das Kraftwerk Beznau wird aber nicht nur den NOK als günstige Energiebeschaffungsmöglichkeit Nutzen bringen, sondern es wird auch der schweizerischen Industrie Gelegenheit bieten, sich in grossem Umfange an Lieferungen zu beteiligen und dabei zusätzliche Erfahrungen und Kenntnisse dieser neuen Technik zu erwerben. Bekanntlich wurde der Hauptauftrag, umfassend den eigentlichen Reaktor mit Zubehör, sowie die Turbinen-Generatoranlage, einschliesslich die zugehörigen Gebäude, an eine Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus der Westinghouse International Atomic Power Co. Ltd., in Genf, und der AG Brown, Boveri & Cie., in Baden, vergeben.[2] Der Umstand, dass es sich dabei um einen Reaktor eines amerikanischen Systems handelt, und dass der amerikanische Partner in der Arbeitsgemeinschaft die Federführung inne hat, heisst nun durchaus nicht, dass es sich beim Kraftwerk Beznau um ein importiertes Kraftwerk handeln wird. Importiert wird allerdings das «Know How», das heisst das technische Wissen sowie die Erfahrung mit dem gewählten Reaktorsystem. Importiert werden weiter spezifisch nukleare Bauteile, das heisst alles, was sich im Innern des Reaktorgefässes befindet und weiter zahlreiche spezielle Apparate, wie zum Beispiel die Antriebe für die Kontrollstäbe des Reaktors. Der finanzielle Wert dieser Importe — abgesehen vom Brennstoff, der in vollem Ausmass vom Ausland stammt — beträgt aber weniger als 20 Prozent der gesamten Erstellungskosten des Kraftwerkes. Vom restlichen Lieferanteil hat sich naturgemäss der an der Arbeitsgemeinschaft beteiligte schweizerische Partner Brown, Boveri einige wesentliche Bestandteile zur eigenen Fabrikation reserviert, insbesondere die Dampfturbinen mit ihren Kondensatoren und die Generatoren. Zahlreiche weitere Bauelemente werden aber von der Arbeitsgemeinschaft an Unterlieferanten vergeben werden, wobei der schweizerischen Industrie, konkurrenzfähige Angebote vorausgesetzt, eine Vorzugsstellung gegenüber den Beschaffungsmöglichkeiten aus dem Ausland eingeräumt wird. Das gleiche trifft zu für Aufträge, die durch die NOK selbst direkt vergeben werden für Anlageteile, die ausserhalb des an die Arbeitsgemeinschaft vergebenen Lieferungsumfanges liegen.

[2] Diese beiden Unternehmungen führten am 2. August 1965 in Genf eine Pressekonferenz durch, die ebenfalls einer Orientierung über das Atomkraftwerk Beznau-Döttingen gewidmet war.

—

Nach diesen interessanten Ausführungen von Direktor F. Aemmer und kurzer Diskussion begab man sich auf das für das Atomkraftwerk ideal gelegene Gelände, der zwischen dem natürlichen Aarelauf und dem Oberwasserkanal des alten Wasserkraftwerks Beznau entstandenen Beznau-Insel. Hier erfolgte nach einigen baulichen Erläuterungen von Dipl. Ing. M. Thut, dem Direktor der Bauabteilung der NOK, der erste «Spatenstich», der heutigen Technik entsprechend allerdings mit einigen Grossgeräten.

Den Abschluss dieses denkwürdigen Anlasses bildete ein Apéritif im Gelände und — nach einer Carfahrt durch das Aare- und untere Limmattal — ein gemeinsames Nachtessen im Kursaal Baden. Tö.

Bildernachweis:

1 Photo Swissair
2/7 Zeichnungen NOK
8/9 Photos G. A. Töndury

ASPHALTDICHTUNGEN BEI ERDDÄMMEN

Beispiele und Erfahrungen von ausländischen und norwegischen Dämmen

DK 627.823.462

B. Kjaernsli und I. Torblaa

Aus dem Norwegischen übersetzt von M. A. Gautschi. Titel des norwegischen Originals: Asfalt på fyllingsdammer, veröffentlicht in der Publikation Nr. 48 des Norwegischen Geotechnischen Instituts, Oslo 1962.

ASPHALT ALS DICHTUNG BEI ERDDÄMMEN

Ein Erddamm besteht zur Hauptsache aus geschütteten Massen. Die norwegischen Erddämme sind gewöhnlich aus Steinen, Kies und Moräne aufgebaut, wobei Steine und Kies für den Stützkörper gebraucht werden, während das Moränenmaterial normalerweise im Kern als Dichtung eingebaut wird. Ausser Moräne können auch siltige und tonige Bodenarten als Kernmaterial Verwendung finden.

Während man das Schüttgut für den Stützkörper normalerweise an Ort und Stelle gewinnen kann — eventuell durch Sprengen von Fels —, findet sich dagegen vielfach nicht genügend Kernmaterial in der Umgebung der Baustelle. In diesem Fall ist man gezwungen, anderes Material zur Dichtung herbeizuschaffen. Beton, Stahl, Holz und Asphalt wurden bereits dazu verwendet, meist als Decke auf der wasserseitigen Böschung des Dammes.

Ein Steindamm mit Asphaltdichtung besteht in der Hauptsache aus drei Elementen, nämlich dem Stützkörper aus Stein, der Dichtung aus Asphalt — normalerweise als Oberflächendichtung — und dem Fundamentsockel, der den Uebergang von der Decke zum eventuell injizierten Dichtungskern im Erd- oder Felsuntergrund bildet, auf dem der Damm ruht.

Was den Stützkörper anbelangt, so ist vor allem die Grösse seiner Deformationen von entscheidender Bedeutung, da diese Schäden an der Asphaltdecke verursachen können. Die Deformationen hängen von der Höhe des Dammes ab, von den Eigenschaften des Schüttgutes und von den angewendeten Schüttmethoden. Inwieweit Deformationen des Stützkörpers Spannungen mit schädlichen Folgen in der Decke bewirken, hängt überdies von der Form der wasserseitigen Böschung ab. Deformationen, die einer planen wasserseitigen Decke aufgezwungen werden, bewirken in ihr Zugspannungen. Dagegen entstehen in einer konvex gegen das Wasser gebogenen wasserseitigen Decke unter sonst gleichen Bedingungen Druckspannungen. Ohne näher auf die Frage der Anforderungen an den Stützkörper einzu-