

# Das Kernkraftwerk Gösgen-Däniken: einige bautechnische Sonderprobleme beim Bau

Autor(en): **Gähler, K. / Kreitl, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93 (1975)**

Heft 40

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72830>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Das Kernkraftwerk Gösgen-Däniken

### Einige bautechnische Sonderprobleme beim Bau

Von K. Gähler und R. Kreidl, Baden

DK 621.039

#### Einleitung

Nach verschiedenen Vorarbeiten, welche von der Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden (MC ING), zunächst im Auftrag der Aare-Tessin AG (ATEL) und später des «Studienkonsortiums Kernkraftwerk Gösgen» durchgeführt wurden, und die bis in das Jahr 1965 zurückreichen, wurde im Frühjahr 1972 der Beschluss gefasst, auf dem sogenannten Aarefeld, nördlich von Däniken, ein Kernkraftwerk mit einer Leistung von rund 900 MW zu errichten.

Am 27. Februar 1973 erfolgte die Gründung der Bau- und Betriebsgesellschaft: Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG (KKG). Gleichzeitig wurde, nach Auswertung der Angebote, der Kernkraftwerksblock mit einem Druckwasserreaktor an die Kraftwerk Union AG, Erlangen (KWU), vergeben.

Von dieser wurden die Ingenieurarbeiten für den Rohbau einschliesslich Herstellung der Ausführungspläne an MC ING übertragen. Die Rohbauarbeiten werden Ende 1975 beendet sein, und die Inbetriebsetzung des Kernkraftwerkes ist für Herbst 1977 vorgesehen.

#### Beschreibung der Anlage

Im Zentrum des Kernkraftwerksgeländes (Bild 1) steht das zylindrische Reaktorgebäude, westlich davon das Hilfsanlagegebäude, südlich das Notspeisegebäude sowie das Schalt haus und östlich das Maschinenhaus. Um diesen Kraftwerksblock gruppieren sich die Nebengebäude: im Osten der Kühlturm, der mit einer Höhe von 150 m dominieren wird, und zwischen Kühlturm und Maschinenhaus das Hauptkühlwasserpumpenhaus; im Norden das Nebenkühlwasserpumpenhaus, die Zusatzwasseraufbereitung und das Nötstandsgebäude; im Westen der Abluftkamin, ein Notstromdieselgebäude, das Verwaltungsgebäude mit Kantine und Pförtnerloge; im Süden das zweite Notstromdiesel-, das Hilfskessel-, das Wasseraufbereitungsgebäude sowie Werkstatt und Lager.

Die Reaktoranlage liefert den Dampf für den Antrieb des Turbogenerators. Zu diesem Zweck sind im Reaktor-druckbehälter 66 t leicht angereichertes Uran in 177 Brennelementen untergebracht, von welchen jedes 205 Brennstoffstäbe von 4 m Länge und 11 mm Durchmesser enthält. Zur Wärmeabfuhr durchströmen 14700 l/s vollentsalztes Wasser den Reaktorkern und werden dabei auf 326°C aufgeheizt. Das Wasser steht unter so hohem Druck, dass im Reaktorkern kein Sieden auftritt.

Das im Reaktor-druckbehälter erwärmte Wasser strömt zu den drei Dampferzeugern (Primärkreislauf), wo es die Wärme an den Turbinenkreislauf (Sekundärkreislauf) abgibt. Von jedem Dampferzeuger führt eine Frischdampfleitung ins Maschinenhaus zu den Turbinen, auf deren Achse auch der Generator angeordnet ist. Der Generator gibt eine Höchstleistung von 970 MW ab, wobei nach Abzug des Kraftwerk-eigenbedarfs eine Nettoleistung von 920 MW zur Verfügung steht.

Falls die Eigenstromversorgung ausfällt, besteht die Möglichkeit der Fremdversorgung aus der nahegelegenen 220-kV-Schaltanlage. Sollte auch diese Versorgungsmöglichkeit ausfallen, so stehen auf dem Kraftwerksgelände vier voneinander

unabhängige Notstromdieselaggregate zur Verfügung, wobei zwei Aggregate genügen, um das Kraftwerk sicher abzustellen und den Reaktor unter allen Umständen genügend zu kühlen.

Im unwahrscheinlichen Fall grösserer Leckagen des Reaktorkreislaufes werden über Druckspeicher sowie Hoch- und Niederdruckeinspeisepumpen so grosse Wassermengen in den Reaktor gefördert, dass dessen Kühlung auf jeden Fall sichergestellt ist. Das sich daraufhin im Sumpf der Sicherheitshülle sammelnde Wasser wird wieder gekühlt und in den Reaktor zurückgeführt. Das ganze Reaktorsystem ist in einer kugelförmigen, dichtgeschweissten Stahlsicherheitshülle von 32 mm Blechdicke und 52 m Durchmesser untergebracht.

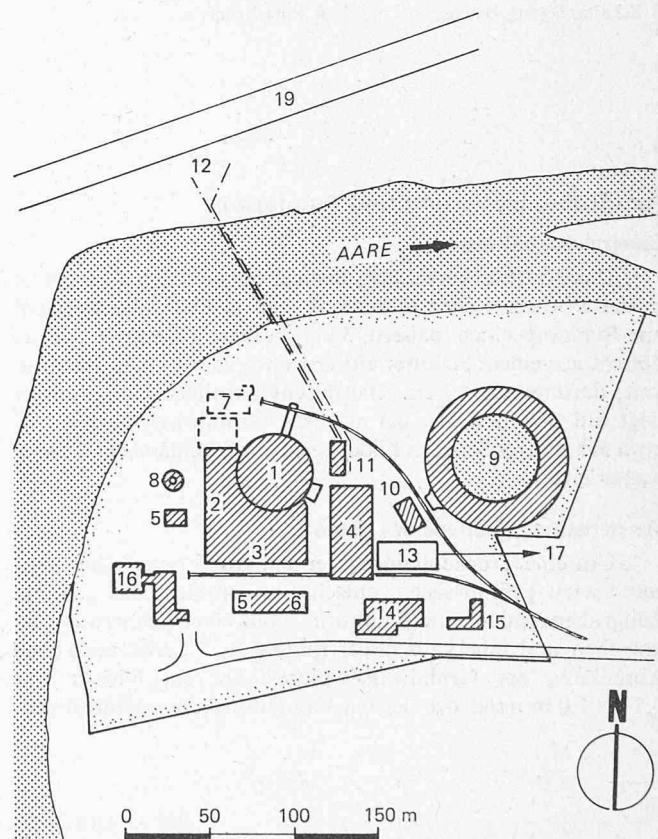


Bild 1. Lageplan des Kernkraftwerkes Gösgen

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1 Reaktor                            | 11 Nebenkühlwasserpumpen                          |
| 2 Hilfsanlagen                       | 12 Einlaufbauwerk                                 |
| 3 Schaltanlagen                      | 13 Blocktransformatoren                           |
| 4 Maschinenhaus                      | 14 Werkstätte, Lager                              |
| 5 Notspeisegebäude                   | 15 Garagen, Feuerwehr                             |
| 6 Hilfskessel und Wasseraufbereitung | 16 Verwaltung, Kantine                            |
| 7 Nötstandsgebäude (unterirdisch)    | 17 Leitung zur 400-kV-Anlage der Atel             |
| 8 Kamin                              | 18 Rangierbahnhof, südlich, ausserhalb des Bildes |
| 9 Kühlturm                           | 19 Oberwasserkanal Wasser-kraftwerk Gösgen        |
| 10 Hauptkühlwasserpumpen             |   |

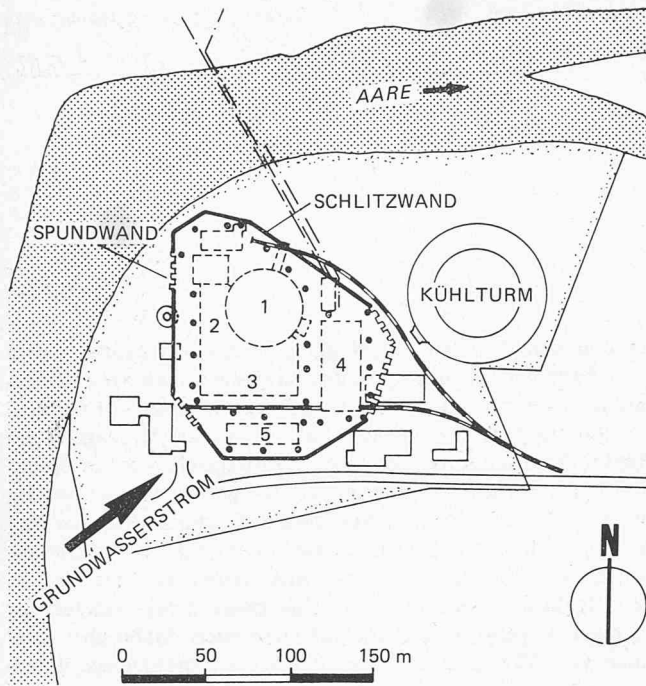


Bild 2. Baugrubenumschliessung mit Filterbrunnen  
 1 Reaktorgebäude 4 Maschinenhaus  
 2 Hilfsanlagengebäude 5 Nebenanlagengebäude  
 3 Schaltanlagengebäude ● Filterbrunnen

## Baugrube, Isolierung und Fundation

### Baugrundverhältnisse

Das Kraftwerkareal liegt in einer Schlaufe der Aare, etwa in der Mitte zwischen Olten und Aarau. Das Aaretal bildet am Standort einen nahezu 3 km breiten Talboden. Dieser besteht aus einem Schotterfeld von etwa 25 bis 30 m Mächtigkeit; darunter liegt Fels. Die durchschnittliche Geländehöhe liegt auf 380 m ü.M., der mittlere Grundwasserspiegel auf etwa 375 m. Der Schotter bildet einen gut durchlässigen Grundwasserleiter.

### Wasserhaltung während des Baues

Um eine Trockenhaltung der Baugrube unter allen Umständen zu gewährleisten, entschloss man sich, das gesamte Baugrubenareal – ohne Kühlturm – mit einer Schlitzwand zu umgeben und innerhalb dieser mittels 30 Filterbrunnen eine Absenkung des Grundwasserspiegels auf ein Niveau von 0,5 bis 1,0 m unter der tiefsten Fundationskote vorzunehmen.

Dazu einige Daten:

Geländekote, ursprünglich	380 m ü. M., Endzustand 382 m
UK Schlitzwand	360 m
Mittlerer Wasserspiegel	375 m
UK Fundation	372 m bis 373 m
Tiefster abgesenkter Grundwasserspiegel	371 m

Um auch bei Hochwasser die erforderliche Absenkung zu erreichen, wurde aus Sicherheitsgründen eine Pumpenkapazität von 70000 l/min installiert. Während der bisherigen rund zweijährigen Bauzeit wurden im Maximum rund 45000 l/min gepumpt.

Die Schlitzwand wurde als elastische Betonitwand ausgeführt, welche im Boden bleibt. Um den Grundwasserstrom nach der Bauphase nicht zu stören, wurden in den Schlitzwänden, welche quer zum Grundwasserstrom angeordnet sind, Tore aus Spundwänden vorgesehen, welche nach Abschluss aller Fundierungsarbeiten gezogen werden, damit der Durchfluss wieder hergestellt ist.

Ein zusätzliches Problem bot der tiefliegende Teil des Maschinenhauses (Gebäudesumpf), dessen Fundamentsohle auf einer Grundfläche von 9 × 21 m um rund 4,5 m tiefer liegt, als die der anderen Gebäude (Kote 368,7) und damit auch tiefer als der abgesenkte Grundwasserspiegel ausserhalb der Schlitzwand.

Hier wurde, nach Umspundung der Baugrube, innerhalb der Spundwand durch Rüttelverdichtung eine Verminderung der Wasserdurchlässigkeit erreicht. Dadurch konnte der zusätzliche Wasserandrang auf maximal 500 l/min vermindert werden, was mittels zwei weiteren Filterbrunnen leicht bewältigt werden konnte.

### Definitive Grundwasserisolierung

Das Reaktor- und das Hilfsanlagengebäude sowie das Abfallager (das sind die Gebäude, in welchen Radioaktivitäten vorkommen) sind durch kontrollierbare Isolierungen gegen das Austreten von radioaktiven Stoffen in das Grundwasser geschützt (siehe Bild 4). Alle anderen Gebäude sind mit einer druckfesten, aber nicht kontrollierbaren Grundwasserisolation versehen. Hier soll von der ersteren die Rede sein (siehe Bild 3).

Die druckwasserdichte Aussenisolation, die bis OK Kraftwerkgelände hochgeführt ist, wurde während der Herstellung mit dem sogenannten Hochspannungsprüfverfahren auf ihre einwandfreie Funktionstüchtigkeit untersucht (Bild 5).

Um die Dichtheit der Isolation auch nach Inbetriebnahme des Werkes kontrollieren zu können, wurde gebäuseseitig innerhalb der Isolierung eine Kunststoff-Drainagebahn angeordnet. Allfällige Leckagen können in Kontrollschächten, die bis auf die Drainagebahn hinuntergehen, oder in den zwischen den Gebäuden verlaufenden Kriechkanälen festgestellt werden.

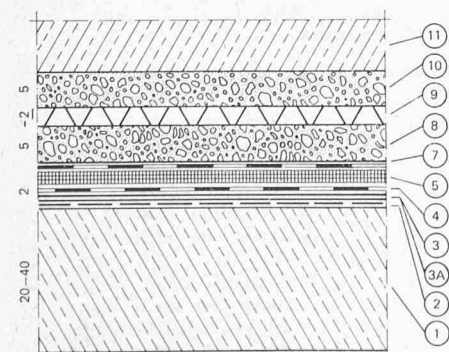


Bild 3. Grundwasserisolierung der nuklearen Gebäude

- |  |   |
|--|---|
| 1 Unterbeton B 225   | 5 Dreimalige kreuzweise Spachtelung mit Betabest-Masse (Verbrauch 4 kg/m <sup>2</sup> je Spachtelung) |
| 2 Kaltflüssiger Bitumen-Voranstrich  | 6 Elektrische Prüfung (erfolgt nach Aufbringen von 5)   |
| 3 Alufolie 0,1 mm im Giess- und Einwalzverfahren unter Verwendung von Betabest-Material. 10 bis 12 cm Überlappung. Auf metallischen Kontakt der einzelnen Bahnen untereinander ist zu achten. Bis 7 kp/cm Sohlpressung | 7 Eine Lage 500er Bitumenpappe im Giess- und Einwalzverfahren unter Verwendung von Betabest-Material  |
| 3A Mit Kupfer-Riffelband bei extremer Sohlpressung   | 8 Schutzbeton   |
| 4 Glasfasergewebbahn im Giess- und Einwalzverfahren unter Verwendung von Betabest-Material. 10 bis 12 cm Überlappung   | 9 Drainageschicht   |
|  | 10 Schutzbeton  |
|  | 11 Konstruktionsbeton   |

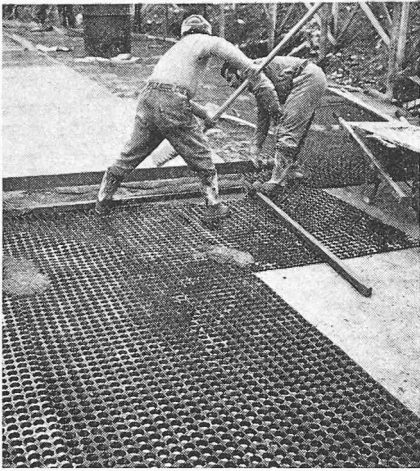


Bild 4. Einbau der Drainageschicht beim Reaktorgebäude

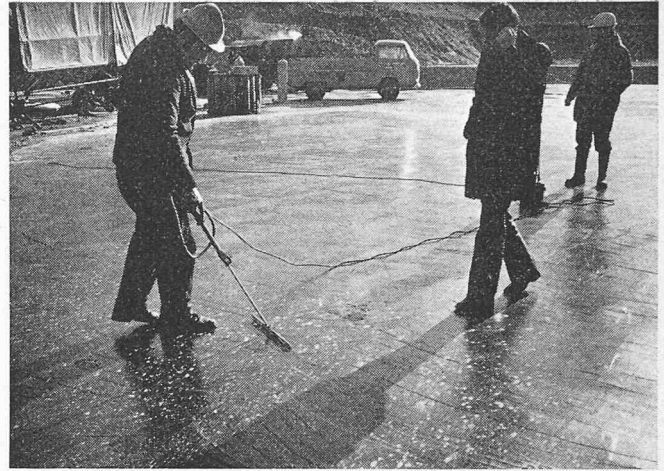


Bild 5. Überprüfung der Isolierung mit dem Hochspannungsprüfverfahren

Die Fugen zwischen den Gebäuden sind mit PVC-Dichtbändern überbrückt, deren Bemessung sich nach den grösstmöglichen gegenseitigen Bewegungen der Gebäude infolge Setzung und Erdbeben richtet. Da diese Dichtbänder in den Kriechkanälen entlang der Gebäude verlaufen, ist es möglich, die Dichtheit zu kontrollieren und schadhafte Teile auszuwechseln. Die Gebäude ausserhalb des Kontrollbereiches (z.B. Maschinenhaus) haben die gleiche Isolierung, aber ohne Kunststoff-Drainageschicht.

#### Fundation des Reaktorgebäudes

Sämtliche Gebäude des nuklearen Bauloses haben eine Flachgründung. Die besonderen Fundationsprobleme des Reaktorgebäudes werden nachfolgend kurz aufgezeigt. Die Gründungsprobleme des Reaktorgebäudes überschreiten den Rahmen des normalen Industriebaus vor allem durch:

- die grossen Abmessungen und Gewichte des Bauwerkes (Eigengewicht des Reaktorgebäudes rund 160000 t)
- die möglichst genaue Vorausbestimmung der Setzungen, im besonderen eine allfällige Schiefstellung des Reaktorgebäudes durch ungleiche Setzungen, da im Betrieb nur eine begrenzte Abweichung des Reaktordruckgefässes von der lotrechten Lage zulässig ist
- den Einfluss des schweren Reaktorgebäudes auf angrenzende leichtere Gebäude (z.B. Notspeisegebäude)
- die Berücksichtigung von dynamischen Lasten (Erdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwellen usw.).

Die kreisförmige Fundamentplatte (Durchmesser 64 m) wurde mit einem Computerprogramm als elastisch gebettete Platte berechnet. Erschwerend wirkte die exzentrische Belastung (siehe Schnitt, Bild 6). Der Einfluss von aufgehenden Wänden auf die Plattensteifigkeit wurde durch Einführen von unteren und oberen Grenzwerten berücksichtigt. Für die dynamischen Lastfälle wurden dynamische Bettungsziffern eingeführt.

Bei der Bemessung der Plattenstärke war man durch die zulässige Absenkung des Grundwasserspiegels eingeschränkt. Unter den gegebenen Voraussetzungen erwies sich eine Plattenstärke von 2,75 m als optimale Lösung. Die erforderliche Bewehrung für die Platte verlangte 1700 t Bewehrungsstahl, was einem Armierungsgehalt von 165 kg/m<sup>3</sup> entspricht. Einige konstruktive Probleme brachte der Übergang von der mehrlagigen orthogonalen Kernbewehrung zur Radialbewehrung.

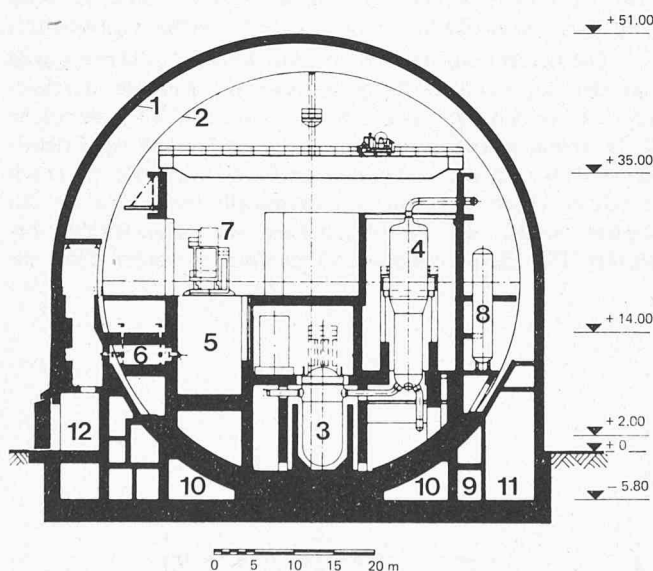


Bild 6. Querschnitt durch das Reaktorgebäude

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 Reaktorgebäude aus Eisenbeton | 6 Brennelementtransfer-einrichtung |
| 2 Sicherheitsbehälter aus Stahl | 7 Lademaschine                     |
| 3 Reaktordruckbehälter          | 8 Druckspeicher                    |
| 4 Dampferzeuger                 | 9 Sicherheitseinspeisepumpen       |
| 5 Brennelementbecken            | 10 Nachkühlpumpen                  |
|                                 | 11 Flutbehälter                    |
|                                 | 12 Hubschacht                      |

Bild 7. Fundamentplatte des Reaktorgebäudes. Abstützkonstruktion für die obere Armierung



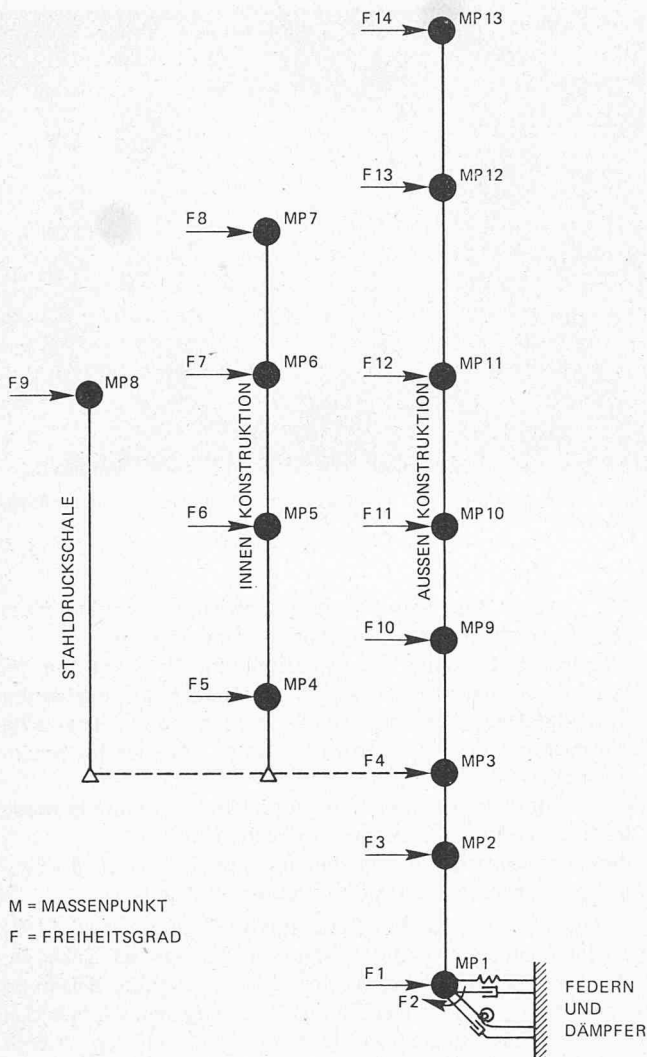


Bild 8. Mathematisches Mehrmassenpunktmodell des Reaktor- gebäudes

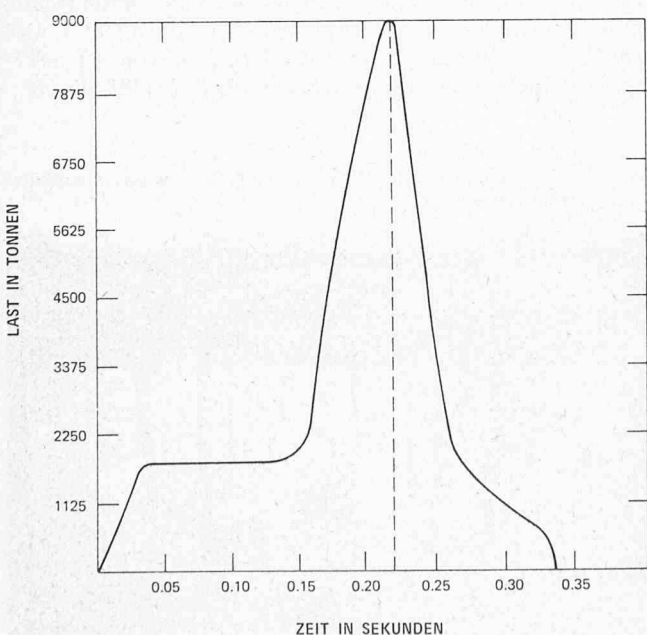


Bild 9. Last-Zeit-Funktion für den Lastfall Flugzeugabsturz gemäss Riera [2]

Zur Abstützung der sehr massiven oberen Bewehrungs- lage war eine eigene Stahlkonstruktion erforderlich, vergleich- bar mit einer Halle von 64 m Durchmesser im Grundriss und einer Höhe von 2,60 m. Man wählte eine Konstruktion aus Winkeleisen mit einem Raster von  $2,50 \times 2,50$  m im Grundriss, der sich aus einer Optimierung von Tragfähigkeit der Armie- rungsrunden einerseits und möglichst geringem Stahlge- wicht andererseits ergab. Immerhin waren etwa 40 t Winkel- stahl für diese Stützkonstruktion erforderlich (siehe Bild 7).

### Besondere Probleme bei der Berechnung und Kon- struktion

#### Sonderlastfälle

##### Einleitung

Kernkraftwerke müssen wegen ihres radioaktiven Potentials wesentlich höheren Sicherheitsanforderungen genügen, als alle übrigen Bauwerke. So werden nicht nur extreme Betriebsunfälle im Innern der Gebäude berücksichtigt, sondern auch der Einfluss ausserhalb eintretender Katastrophen unter- sucht. An solchen aussergewöhnlichen Lastfällen sind zu nennen:

- Erdbeben, Flugzeugabsturz und Explosionsdruckwelle als Einwirkung von aussen
- Strahlkräfte durch das Platzen von Rohrleitungen sowie Differenzdrücke zwischen verschiedenen Räumen im Innern des Gebäudes.

Alle diese Lastfälle sind dynamischer Natur, so dass sich der projektierende Ingenieur mit der Problematik dynamischer Berechnungsverfahren befassen muss.

#### Erdbeben

Bei der Bemessung der Bauwerke auf Belastung aus Erd- beben werden grundsätzlich zwei Erdbeben-Kategorien unter- schieden, nämlich:

- das Betriebserdbeben, bei dem der Betrieb des Kernkraft- werkes ohne Störungen weitergeführt werden kann
- das Sicherheitserdbeben, für das nicht mehr der Betrieb, sondern die Reaktorsicherheit gewährleistet sein muss, d.h. ein sicheres Abstellen der Anlage muss gewährleistet sein, auch darf keine Radioaktivität an die Umgebung entweichen.

Die Berechnung der Schnittkräfte infolge Erdbeben wurde mit der sogenannten Responsespektrum-Methode durchge- führt. Über den Einfluss des Baugrundes, der eine wesentliche Rolle spielt, wurde an anderer Stelle ausführlich geschrieben (siehe [1]). Bei der genannten Methode wird das Bauwerk durch ein Mehrmassenmodell dargestellt (siehe Bild 8). An diesem werden die Eigenfrequenzen und Eigenformen be- stimmt. Für alle massgebenden Eigenformen werden dann mit

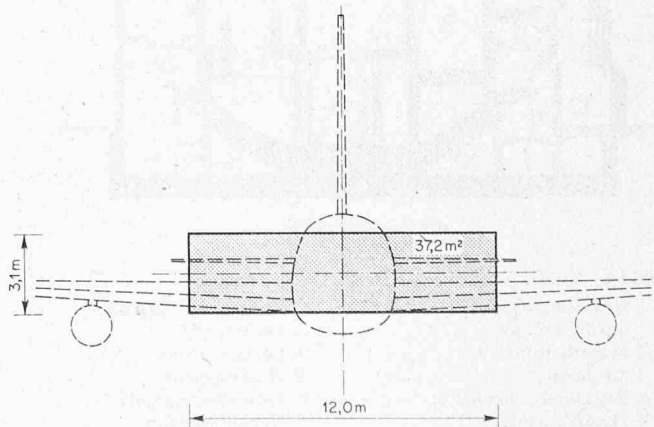


Bild 10. Flugzeugabsturz. Aufprallfläche

den aus dem Responsespektrum abgelesenen maximalen Beschleunigungen die Reaktionen berechnet. Die endgültigen Reaktionen ergeben sich als Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelreaktionen der Eigenformen.

#### Flugzeugabsturz

Für den Flugzeugabsturz wurde der Aufprall eines Verkehrsflugzeuges berücksichtigt. Beim Absturz auf das Reaktorgebäude treten am Bauwerk dynamische Belastungen auf (Last-Zeit-Funktion, siehe Bild 9). Für die statische Berechnung der Tragwerke ist eine Umsetzung der dynamischen Belastungen in eine äquivalente statische Ersatzlast erforderlich. Diese Umwandlung erfolgt mit dem dynamischen Lastfaktor (DLF).

$$P_{\text{ers}} = \text{DLF} \times P_{\text{dyn}}$$

wobei  $\text{DLF} = Y_{\text{dyn}}/Y_{\text{stat}}$

$Y_{\text{dyn}}$  = dynamische Deformation

$Y_{\text{stat}}$  = statische Deformation

Mit der so ermittelten statischen Ersatzlast und der gewählten Aufprallfläche (siehe Bild 10) wurden die Schnittkräfte für alle massgebenden Aufprallorte mit dem Computerprogramm BOXSHL berechnet. Die mindest erforderliche Wandstärke von 1,2 m im Kuppelteil ergab sich nicht durch die Schnittkräfte, sondern um ein Durchstanzen der starren Triebwerke zu verhindern. Für eine ausführliche Beschreibung des Lastfalles Flugzeugabsturz sei auf [3] verwiesen.

#### Explosionsdruckwelle

Die Kernkraftwerksanlage musste auch gegen eine Explosionsdruckwelle geschützt werden, die entsteht, wenn auf dem projektierten benachbarten Güterbahnhof ein Güterwagen mit 20 t TNT explodieren würde. Vor allem für die dem Explosionsherd am nächsten gelegenen Gebäude (Schaltanlagen- und Notstromdieselgebäude) war dies einer der massgebenden Lastfälle.

#### Differenzdrücke und Strahlkräfte

Beim grössten anzunehmenden Unfall (GAU) ist die 32 mm starke Stahlhülle in der Lage, die dabei auftretenden Drücke aufzunehmen und so eine Entweichung von Radioaktivität an die Umgebung zu verhindern. Alle Bauteile innerhalb der Stahlhülle sind gegen allfällige Differenzdrücke zwischen einzelnen Räumen bemessen. Auch konzentriert wirkende Strahlkräfte, die innerhalb von wenigen Millisekunden auf mehrere hundert Tonnen ansteigen könnten, wurden

berücksichtigt. Für jeden einzelnen Bauteil musste also der DLF bestimmt werden, um die statische Ersatzlast ermitteln zu können.

#### Einige besonders interessante Bauteile des Reaktorgebäudes

##### Allgemeiner Überblick über das Reaktorgebäude

Das Kernstück des Reaktorgebäudes ist der Reaktor-druckbehälter. Er befindet sich innerhalb eines biologischen Betonschildes von 1,8 m Dicke. Den Primärkreislauf umschliesst ein 80 cm starker Betonzylinder (Splitterschutz-zylinder). Der ganze Innenteil wird von der 32 mm starken Stahlsicherheitskugel von 52 m Durchmesser umschlossen. Diese Stahlkugel ist im unteren Bereich zwischen zwei je 1,5 m starken Betonkalotten eingebettet. Die äusserste Hülle des Reaktorgebäudes besteht dann noch aus einem 1,6 m starken Betonzylinder und als oberen Abschluss aus einer 1,2 m starken Kuppel (siehe Bild 6).

Wegen der grossen Kräfte und den sich daraus ergebenden hohen Armierungsgehalten stellte die bauingenieurmässige Bearbeitung des Reaktorgebäudes nicht nur hohe Anforderungen an den Statiker, sondern auch hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung der einzelnen Bauteile.

Bei einzelnen Bauelementen wurden Armierungsgehalte von über 1000 kg Armierungsstahl je m<sup>3</sup> Beton erreicht. Als Beispiele für anspruchsvolle Bauteile, was konstruktive und statische Bearbeitung anbelangt, sind nachfolgend die Kalotten sowie die Frischdampf- und Speisewasserstation näher beschrieben.

##### Kalotten

Aus dem berechneten Bewehrungsgehalt ergibt sich eine vierlagige Bewehrung für jede der beiden Kalotten, und zwar sowohl untere als auch obere Bewehrung. Da sich alle radialen Eisen im Pol der Kugel treffen würden, ist es offensichtlich, dass der «Polbereich» der Kalotten orthogonal armiert werden musste. Es stellte sich also das Problem, eine vierlagige orthogonale Bewehrung mit einer vierlagigen radialen Bewehrung zu stossen (siehe Bild 11). Bei der inneren Kalotte kam erschwerend dazu, dass der Reaktorschild mit seinen Kühlkanälen exzentrisch auf der Kalotte gelagert ist. Daher musste auch die Bewehrung exzentrisch ausgelegt werden, und als Folge davon erhielt fast jedes Eisen in diesem Bereich verschiedene Abmessungen. Auch musste der Kraftfluss trotz der vielen Kühlkanäle gewährleistet bleiben. Um festzustellen, ob die vorgesehene Anschlussarmierung der verschiedenen aufgehenden Wände durch die vierlagige Beweh-

Bild 11. Reaktorgebäude. Armierung der äusseren Kalotte

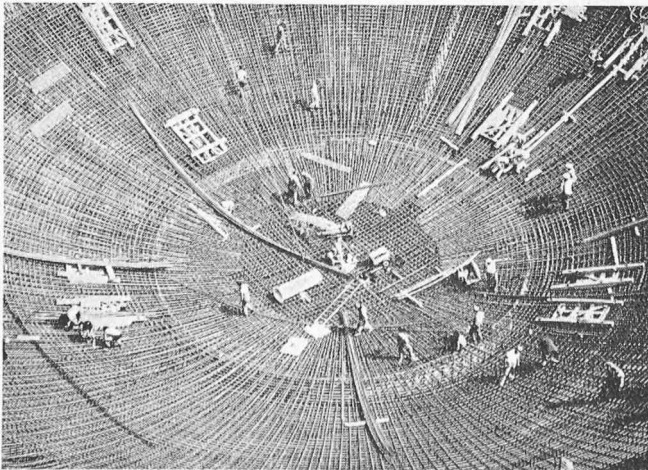
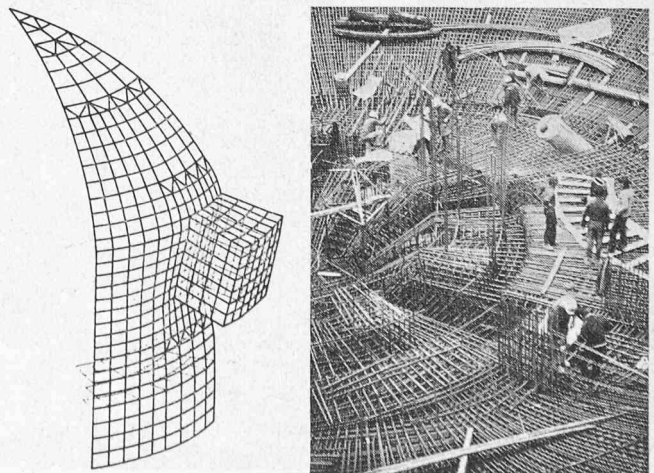


Bild 12 (rechts). Reaktorgebäude. Armierung der inneren Kalotte

Bild 13 (links). Reaktorgebäude. Elementeinteilung für die Computerberechnung der Aussenwand (deformierte Struktur)



rung der Kalotte noch eingebaut werden kann, mussten auf der Baustelle Versuche im Massstab 1:1 durchgeführt werden, bevor die endgültigen Pläne und Eisenlisten erstellt werden konnten. Einen Eindruck von der Bewehrung der inneren Kalotte zeigt das Bild 12.

#### *Frischdampf- und Speisewasserstation*

Die Frischdampf- und Speisewasserstation (FDS) ist ein prismatischer Anbau ( $L = 8,5 \text{ m}$ ;  $H = 14,2 \text{ m}$ ;  $B = 27,2 \text{ m}$ ) von 4000 t Gesamtgewicht, der am obersten Rand des zylindrischen Teils des Reaktorgebäudes frei auskragend angehängt ist. Die FDS muss, wie das eigentliche Reaktorgebäude, gegen Flugzeugabsturz gesichert sein. Bei der Planung der Bauabläufe zeigte sich, dass es nicht möglich war, das Lehrgerüst für die FDS stehen zu lassen, bis die Kuppel des Reaktorgebäudes fertiggestellt ist, da im Bereich des Lehrgerüsts wichtige Kanäle zu erstellen sind. Es musste also nachgewiesen werden, dass dieser Anbau auch am offenen Zylinder angehängt werden kann. Erschwerend kam hinzu, dass in unmittelbarer Nähe der FDS der obere Zylinderrand durch Aussparungen für die Abspannseile des Derrickskrans unterbrochen ist. Um diese Probleme lösen zu können, wurden umfangreiche Computerberechnungen mit finiten Elementprogrammen durchgeführt. (Bild 13).

#### **Bewilligungsverfahren**

Nachdem in letzter Zeit sehr viel über Kernkraftwerke und ihre Problematik geschrieben und diskutiert wurde, soll hier von den zuständigen Behörden und erforderlichen Bewilligungen kurz die Rede sein:

- Die nuklearen Bau- und Betriebsbewilligungen werden vom Vorsteher des Energiewirtschaftsdepartementes erteilt. Er wird beraten von der «Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen» (KSA), welche aus 9 Fachleuten besteht. Die «Abteilung für die Sicherheit von Kernanlagen» (ASK), welche sich aus rund 40 Fachleuten zusammensetzt, untersteht dem Energiewirtschaftsdepartement. Die KSA nimmt unter Beihilfe der ASK die fachtechnischen Prüfungen vor. Ihr zur Seite stehen von Fall zu Fall unabhängige Experten, welche für bestimmte Anlagen, Bauten oder Teile davon beigezogen werden.
- In diesem Rahmen interessiert natürlich am meisten die *Baubewilligung für das KKW Gösgen*. Diese erfolgte in verschiedenen Schritten, sogenannten *Teilbaubewilligungen*. Im

Rahmen dieser Teilbaubewilligungen erfolgte für jeden Bauteil (Wände, Decken) eine Detailfreigabe, welche für das Betonieren erforderlich war. Sie erfolgte aufgrund einer genauen sachlichen und numerischen Prüfung der statischen Berechnungen und Ausführungspläne, einerseits durch den Bauherrn, andererseits durch die Experten der ASK.

- Ferner wurden während der Bauausführung laufend strenge Qualitätskontrollen durch die verschiedenen Prüfungsorgane vorgenommen.

Aufgrund dieser Fakten kann festgestellt werden: Es gibt derzeit kaum ein Bauvorhaben, welches derart strengen Vorschriften genügen muss und genauer überprüft wird, als der Bau eines Kernkraftwerkes.

#### **Aufwand für die Projektierungsarbeiten für den Rohbau des KWU-Loses**

Für die Objekte des KWU-Loses (Reaktor-, Hilfsanlagen-, Schaltanlagengebäude, Nebenanlagen- und Notstromdieselgebäude, Maschinenhaus, Notstands- und Notspeisegebäude sowie Abfall-Lager und Hochkamin) mussten rund 1200 Ausführungspläne hergestellt werden (Schal-, Armierungs- und Stahlbaupläne). Etwa 15000 Seiten statische Berechnungen wurden angefertigt (handgeschrieben ohne Computeroutput).

Die Entstehungsphase eines Schalungsplanes – mit allen Änderungen und Ergänzungen bis zu seiner «Freigabe» zur Ausführung – dauerte im Normalfall 10 bis 12 Wochen. An diesen Arbeiten waren während fast zwei Jahren 40 bis 50 Ingenieure, Techniker und Zeichner beteiligt.

#### **Literaturverzeichnis**

- [1] *H. Furrer, K. Gähler, J. Jemielewski*: Soil Amplification and Soil-Structure Interaction Study for a Nuclear Power Plant in Switzerland. Second International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Berlin 1973.
- [2] *J. D. Riera*: On the Stress Analysis of Structures Subjected to Aircraft Impact Forces. «Nuclear Engineering and Design» 8/1968.
- [3] *P. Degen, H. Furrer*: Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf das Reaktorgebäude eines Kernkraftwerkes. «Neue Technik» Nr. 7/1974.

Adresse der Verfasser: *K. Gähler* und *R. Kreidl*, dipl. Bauingenieure, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.

Die Bilder 4, 5, 7, 11 und 12 stammen von *Mondo Annoni*, Emmenbrücke, Bild 14 von *Comet-Photo AG*, Zürich.

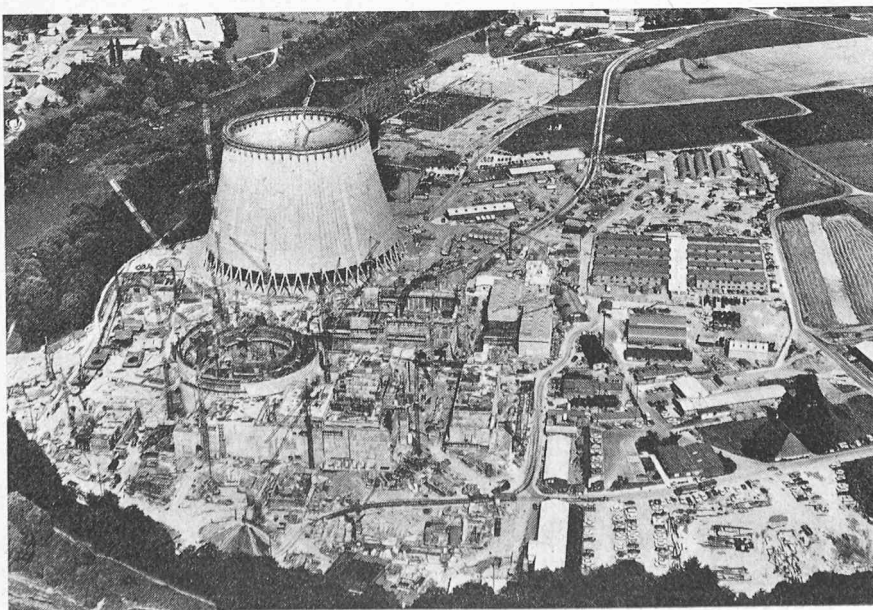


Bild 14. Gesamtansicht der Baustelle, Ende Juli 1975