

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 41

Artikel: Stahlcontainment für ein Kernkraftwerk in Puerto Rico
Autor: Jemielewski, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85331>

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: 09.01.2026

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

Von J. Jemielewski, Baden

1. Einleitung

Ende April 1971 wurde die Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG (MCING) von Mannesmann-Rohrbau AG, Düsseldorf, mit den Ingenieurarbeiten für das von ihr zu liefernde Stahlcontainment des Kernkraftwerkes Aguirre für das Puerto Rico Water Resources Authority betraut. Der nukleare Teil dieses Kraftwerks besteht aus einer 600-MWe-Druckwasser-Reaktoranlage des Typs Westinghouse. Ähnliche Anlagen gelangen gegenwärtig für die Kernkraftwerke Prairie Island und Kewaunee in den USA zur Ausführung, und wie diese untersteht auch das Bauwerk in Puerto Rico der Oberaufsicht der US Atomic Energy Commission, da bekanntlich Puerto Rico zu frei an die USA assoziiertem Territorium gehört.

Der Leistungsumfang von MCING umfasst sämtliche Berechnungen für das Stahlcontainment, mit Ausnahme von Personalschleuse und Materialluke, für die nur eine Kontrolle der Berechnungen des Lieferanten vorgesehen ist. Ferner gehört die Erstellung von Werkstattzeichnungen und Materiallisten für die Fabrikation dazu.

2. Bauwerksbeschreibung

Das Bauwerk, das als Primärcontainment das nukleare Dampferzeugungssystem umschliesst, ist in seiner Gesamtheit als ein Druckbehälter aus Stahl ausgebildet, damit im Falle einer potentiell denkbaren Havarie des Reaktorsystems die anderen Anlagenteile sowie die Umgebung wirksam vor möglichen Folgen geschützt bleiben. Es handelt sich dabei um eine ähnliche Bauart, wie sie bereits bei beiden Einheiten des Kernkraftwerkes Beznau verwendet wurde, wobei aber gewisse Abweichungen, die nachfolgend kurz beschrieben werden, zu verzeichnen sind.

Die Hauptabmessungen und die Wandstärken sind aus Bild 1 ersichtlich. Formgebung und Bemessung richten sich in erster Linie nach der für einen Druckbehälter möglichst günstigen Geometrie. Vor allem wurde den Gesichtspunkten einer rationellen Unterbringung von Ausrüstungen der Dampferzeugungsanlage sowie einer möglichst kompakten Bodenform, die die Fundamenttiefe so klein wie möglich hält, Rechnung getragen. Ferner mussten auch die schweisstechnischen Bedingungen eingehalten werden.

Das umschliessende, zylinderförmige Gebäude aus Stahlbeton soll als Schutz gegen Witterung, mögliche Auswirkungen von Geschossen (missiles) sowie radioaktiven Strahlen wirken. Da dieses Bauwerk nicht zum beschriebenen Lieferungsumfang gehört, wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen.

Die hauptsächlichen Abweichungen der hier beschriebenen Ausführung von derjenigen in Beznau sind:

- Auf der Innenseite des Containments fehlt eine zylindrische Wand aus Stahlbeton für die Stützung des Polar-Kranes, welcher mittels einer Kranbahnträgerkonstruktion direkt durch die Stahlschale getragen wird
- Eine vom Personeneingang getrennte, nicht als Schleuse ausgebildete Materialluke
- Die Unterbringung von Sicherheitseinspeisungspumpen ausserhalb des Containments, was für die entsprechenden Sumpfleitungen die Anordnung von Durchdringungen im kugelförmigen Teil des Bodens erforderlich machte.

3. Durchdringungen

Die Notwendigkeit, eine Anzahl von Rohrleitungen, Ventilationskanälen, Kabeln sowie Eingangsöffnungen in der Containmentschale anzuordnen, wirft immer viele Probleme

konstruktiver und dichtungstechnischer Natur auf, die aber nicht neu sind und demzufolge nicht behandelt werden.

Es ist jedoch interessant, festzustellen, dass auf Grund der bisherigen Erfahrungen eine Tendenz zu verzeichnen ist, möglichst grosse Materiallücken anzuordnen, damit unter Umständen auch die grössten Komponenten des Primärsystems mit bedeutend vermindertem Aufwand ausbaubar sind.

So wurde beispielsweise für das ähnliche Containment in Prairie Island eine Materialluke von über 6 m lichter Öffnung angeordnet, die den Ausbau des Dampferzeugers oder sogar des Reaktordruckgefässes ermöglicht.

Bei dem für Puerto Rico bestimmten Containment hat die Materialluke einen lichten Durchmesser von rund 4 m mit einem verschraubten, auf den vollen Auslegungsdruck bemessenen Deckel. Der zylindrische Körper der Luke, der horizontal in der Containmentschale angeordnet ist, ist mit einem Boden für die Materialbeförderung ausgerüstet, er ist ferner für die Aufnahme von unterschiedlichen Bewegungen zwischen Stahlcontainment und äusserer Betonschale ausgebildet.

Die Anordnung der Durchdringungen für die Sumpfleitungen im kugelförmigen Teil des Bodens wirft Probleme

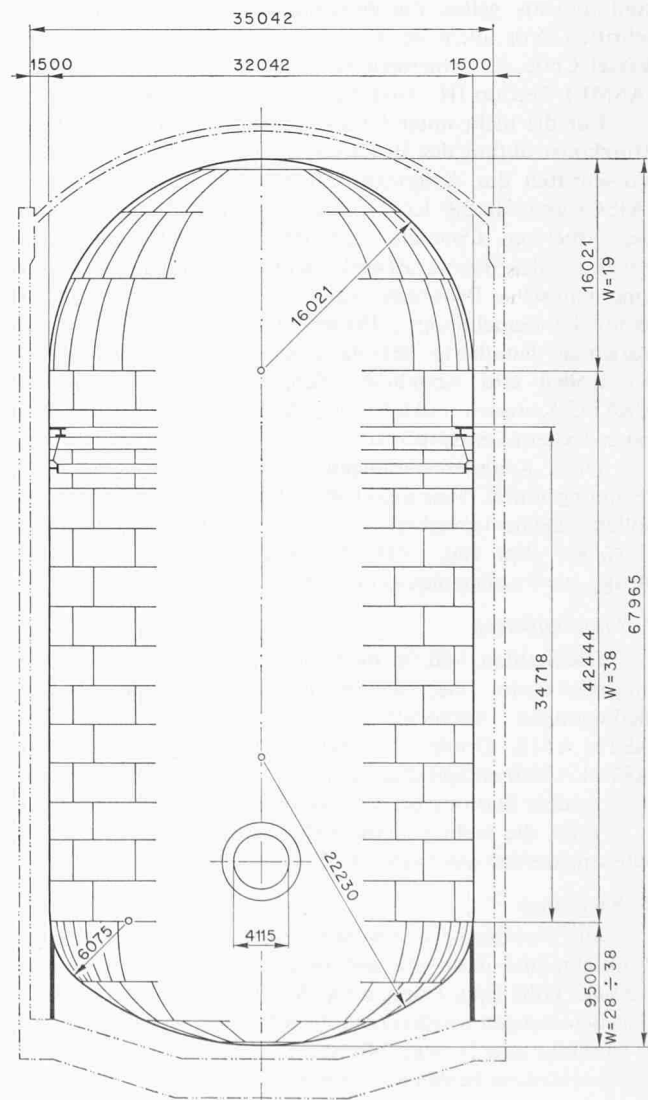


Bild 1. Vertikalschnitt mit Hauptabmessungen. W = Wandstärke

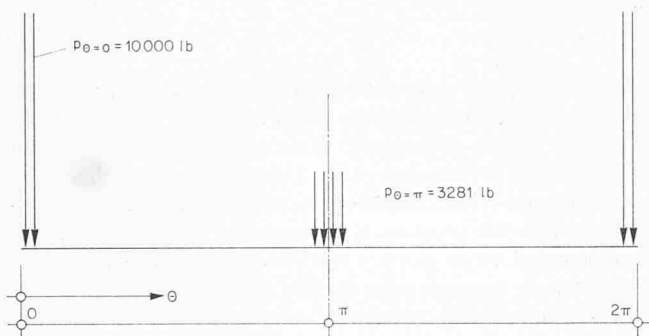


Bild 2. Tatsächliches Belastungsbild der normalisierten Radlasten des Polarkrans

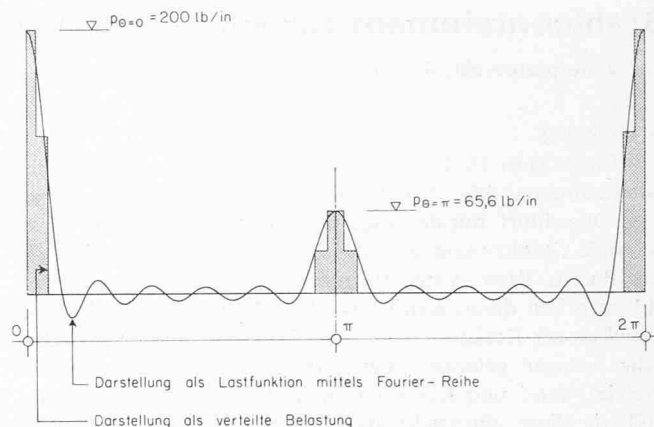


Bild 3. Als Funktion dargestelltes Belastungsbild der in Bild 2 gezeigten Radlasten

konstruktiver Natur auf, da einerseits die vorgeschriebene Lage der Leitungen eine radiale Durchführung nicht zulässt und andererseits die Containmentschale in diesem Bereich vollständig einbetoniert ist. Auf dieses Problem wird noch kurz im Zusammenhang mit der Montage eingegangen.

4. Vorschriften und Abnahmebehörden

Für die Bemessung, Erstellung und Montage des Stahlcontainments gelten die einschlägigen amerikanischen Vorschriften. Vor allem ist der umfassende Boiler and Pressure Vessel Code der American Society of Mechanical Engineers (ASME), Section III, Ausgabe Sommer 1970, massgebend.

Für die nicht unter Druck stehenden Teile, wie z. B. die Stützkonstruktion des Behälters, gelten für die Stahlteile die Vorschriften des American Institute for Steel Construction (AISC) und für die Konstruktionsteile aus Beton diejenigen des American Concrete Institute (ACI). Da, wie bereits erwähnt, das Kernkraftwerk dem Genehmigungsverfahren amerikanischer Behörden untersteht, war es notwendig, für sämtliche Berechnungs-, Planerstellungs- und Fabrikationsvorgänge detaillierte Schemata über die Abwicklung von Kontrollen und Abnahmeprüfungen zu erstellen, die den USAEC-Kriterien (10 CFR 50, Appendix B, Quality Assurance Criteria) entsprechen.

Diese Kriterien verlangen unter anderem, dass die Berechnungen und Pläne unabhängig kontrolliert und visiert sein sollen. Dementsprechend werden die Berechnungen von G. Geiger, dipl. Ing. ETH, Professor an der HTL Windisch-Brugg, als Prüfenieur kontrolliert.

5. Materialfragen

Die Stahlqualität für die Containmentschale sowie andere angeschweisste Teile, die gemäss ASME Code denselben Bedingungen unterstellt sind, soll der Spezifikation ASTM A 516, Grade 70, Firebox Quality (hergestellt nach ASTM A 300) entsprechen. Bei den Durchdringungen werden auch andere Stahlsorten, zum Teil rostfreier Stahl, verwendet.

Teile, die nicht gemäss ASME Code ausgeführt werden müssen, werden aus Stahl St 37 hergestellt.

6. Bemessung

Die Bemessung der Schale wurde zuerst mit den Code-Formeln, und dann mit genaueren Methoden, zum grossen Teil mit Hilfe eines Computers, durchgeführt. Die massgebenden Belastungen wurden für folgende Fälle zusammengestellt:

- Montage und Druckprüfungen
- Verschiedene Betoniervorgänge
- Normaler Betrieb
- Störfälle.

Im Störfall gelten für die Bemessung der Auslegungsdruck (design pressure) innen von rund 2,9 atü (41,4 psig) und eine Temperatur von rund 132°C (271°F) als massgebend. Die Erdbebenbelastungen beruhen auf einer dynamischen Analyse des als Massenpunkte-System idealisierten Bauwerkes. Es werden dabei verschiedene Beschleunigungen auf der Fundamentsohlen-Tiefe angenommen, die von 12,5 bis 33% der Erdbeschleunigung reichen. Damit kann eine Erdbebengefahr mit anderen Belastungsfällen kombiniert und die Bauwerks-sicherheit abgestuft analysiert werden.

Die Containment-Schale wurde mit einem firmeneigenen Computer-Programm berechnet, welches für rotationssymmetrische Schalen beliebiger Meridianform geeignet ist und auch unsymmetrische Belastungen, die mathematisch formuliert werden können, erfasst.

Damit konnten die Belastungen des Polarkrans, der eine Kapazität von rund 113 t aufweist und dessen Lasten mittels einer Kranbahnkonstruktion direkt auf die Stahlschale wirken, mit einer Fourier-Approximation erfasst werden. Die Bilder 2 und 3 zeigen in abgewickelter Darstellung die idealisierte, auf die Schale wirkende Kranlast. Auf Bild 4 ist ein Auszug aus dem Computerplot wiedergegeben, der die

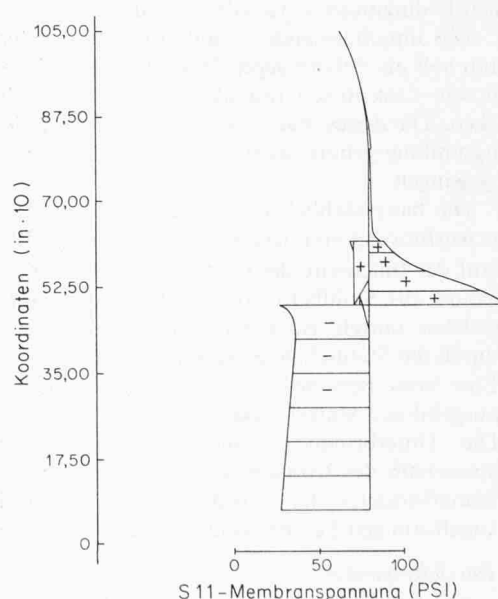


Bild 4. Meridionale Membranspannungen infolge vertikaler Polarkranlasten

Membranspannungen in Meridianrichtung im Bereich der grössten Belastung zeigt.

Die Durchdringungsverstärkungen wurden zuerst gemäss ASME-Code nach der Flächenersatzmethode bemessen und dann auf die wirkenden Axiallasten und Momente untersucht.

7. Ausführungspläne

Mit Ausnahme derjenigen für die gekümpelten Bleche, die Materialluke und Schleuse, wurden sämtliche Werkstattzeichnungen mit den dazugehörigen Materiallisten bei MC ING angefertigt. Da die Fabrikation, mit Ausnahme von Luke und Schleuse, in Europa erfolgt, wurden die Zeichnungen im metrischen System vermassst. Im Hinblick auf ihre weitere Verwendung war es jedoch erforderlich, die äquivalenten Masswerte im englischen System anzugeben. Dabei hat die Gegenüberstellung beider Systeme gewisse Schwierigkeiten bereitet, da die Umrechnungen infolge Rundung auf die im Stahlbau übliche Genauigkeit oft Probleme aufwarfen.

8. Montage und Abnahmeprüfung

Nach Verschiffung sämtlicher Teile wird die Montage des Stahlcontainments von einer amerikanischen Firma durch-

geführt, wobei das bewährte, in den USA meistens, aber auch in Beznau verwendete Verfahren der Erstellung des leeren Behälters auf Stützen vorgesehen ist. Während dieser Phase wird die zuvor erstellte Zylinderschale aus Stahlbeton einen Witterungsschutz bilden. Dann, erst nach erfolgreich durchgeführter erster Serie von Abnahmeprüfungen, wird der Behälter einbetoniert, und nachher wird mit dem Bau der Innenkonstruktion begonnen.

Dieses Verfahren weist aber gewisse Nachteile auf, vor allem im Hinblick auf die Termine. Auch die Sicherheit eines provisorisch gestützten Behälters gegen Erdbeben erfordert zusätzliche konstruktive Massnahmen.

Aus diesen Gründen wird erwogen, ob nach der Montage der Bodenkalotte nicht gleich mit den Betonierungsarbeiten begonnen werden sollte. Dieses Verfahren wird aber voraussichtlich die Anordnung von Aussparungen im Beton bei den Sumpfleitungs-Durchdringungen erfordern, damit ein Zugang für nachträgliche Kontrollen gewährleistet bleibt.

Adresse des Verfassers: J. Jemielewski, dipl. Ing. ETH, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden, Parkstrasse 27.

Modellversuche für den Spannbeton-Druckbehälter für das Kernkraftwerk Schmehausen

DK 621.039.5.001.2

Ein Firmenkonsortium baut den Spannbeton-Druckbehälter für das in Schmehausen bei Dortmund geplante 300-MW-Kernkraftwerk mit Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR). Den Lieferauftrag in Höhe von 53 Mio DM vergab die Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH (HKG), Uentrop, an das aus je einer französischen und englischen sowie zwei deutschen Firmen bestehende Konsortium. Krupp Universalbau stellt hierbei als Konsortialführer den Entwurf, hat die Hauptbauleitung und liefert den Spannbeton-Druckkörper.

Schutz gegen Kernstrahlung, Wärme und Gasdruck

Wichtig für die Sicherheit des Kernkraftwerks ist der Spannbeton-Druckbehälter des Reaktors. Innerhalb dieses Druckbehälters vollzieht sich der thermonukleare Prozess. Heliumgas als Kühlmittel zirkuliert unter einem Druck von

40 atü und leitet die im Core bei der Kernspaltung freiwerdende Wärme in die Wärmetauscher. Hier entsteht Heissdampf, der entweder für den Antrieb von Turbinen zur Stromerzeugung oder als Prozessdampf für chemische und metallurgische Verfahren verwendet wird. Der Druckbehälter hat die Aufgabe, die Kernstrahlung, die Wärme und den Druck des Heliumgases nach aussen hin abzuschirmen.

Für den Entscheid, die gasgekühlten Reaktoren mit einem Druckbehälter in Spannbeton-Bauweise zu schützen, sprechen in erster Linie zwei Gründe:

- Bis heute sind Stahl-Druckbehälter in der benötigten Grösse nicht lieferbar,
- Spannbeton-Druckbehälter können auch bei Überlast nicht schlagartig versagen.

Bild 1 (rechts):

Um die Sicherheit der Konstruktion für den geplanten Reaktor-Druckbehälter Schmehausen zu zeigen, führte Krupp Universalbau an diesem Modell im Massstab 1:5 Überlastversuche durch: Das Modell wurde auf das 2,1-fache des Normalbetriebsdruckes von 40 atü zyklisch belastet.

Bild 2 (rechts aussen):

Eine fernbediente Messwarte steuerte und überwachte insgesamt 750 im Inneren und an der Oberfläche des Behältermodells angebrachte Messstellen. Messgeräte registrierten automatisch alle fernübertragenen Daten, druckten sie aus und gaben sie gleichzeitig einem Prozessrechner zur Auswertung ein. Ein Rissdetektor zeichnete jeden Mikroriss in der Betonwand des Modells auf. Insgesamt erarbeitete die Messwarte 30000 Messdaten täglich.

Photos Krupp

