Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 2

Artikel: Beton als Strahlenschutz bei Kernreaktoren
Autor: Voellmy, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66699

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: 12.07.2025

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

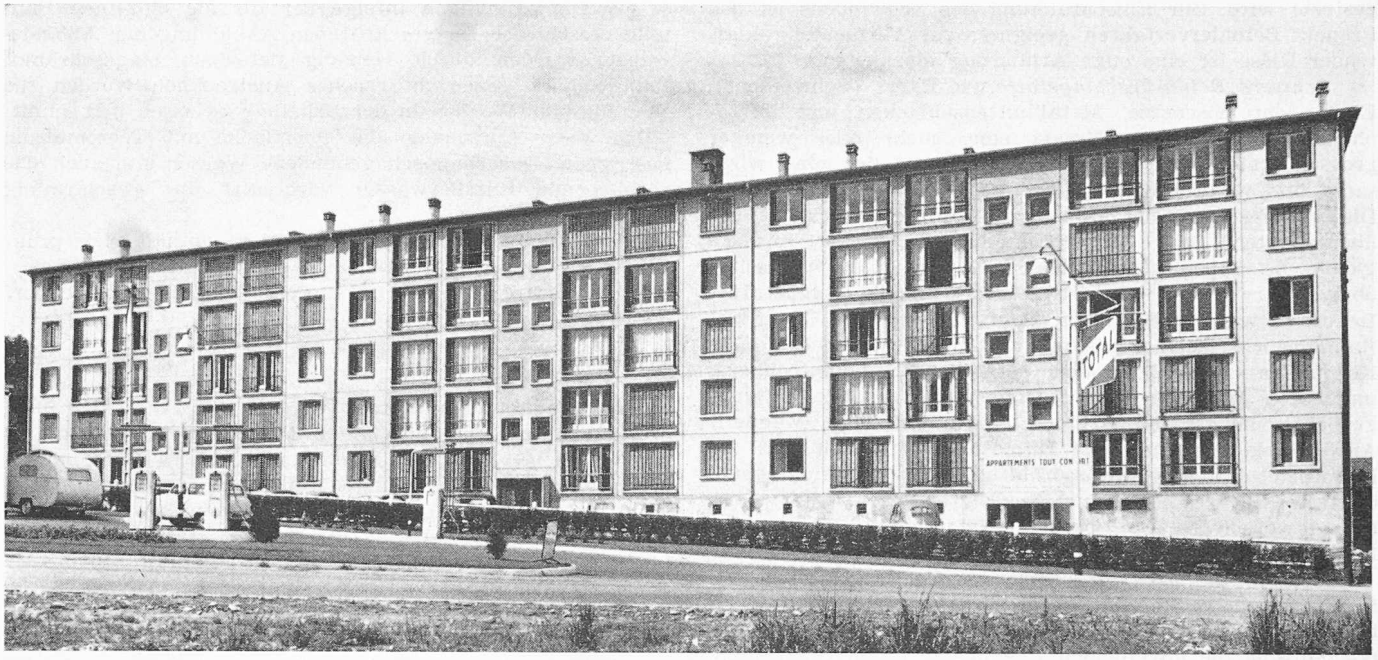

Bild 36. Wohnbaufassade mit Grosstafeln, System Coignet

G. Caprez, Vorfabrikation und Industrialisierung in Spannbeton in den USA, SBZ 1959, H. 31, S. 502.

F. Berger, Vorgespannter Beton im Hochbau, SBZ 1960, H. 14, S. 229.

J. Schilling, Vorfabrikation und Elementbauweise, SBZ 1961, H. 18, S. 300.

J. Szendröi, Ein ungarisches Grosskraftwerk aus Fertigteilen, SBZ 1961, H. 47, S. 859.

W. Schubiger, Vorfabrizierte Betonbauten der Jura-Cement-Fabriken in Wildegg, SBZ 1962, H. 27, S. 484.

H. Hossdorf, Vorfabrizierte Schalenshed-Konstruktion für den VSK in Wangen bei Olten, SBZ 1962, H. 50, S. 838.

Beton als Strahlenschutz bei Kernreaktoren

DK 621.039.004.4:666.97

Die Entwicklung der Atomkraft-Nutzung ist überall in vollem Gange. In Deutschland wurden Forschungsreaktoren für medizinische, naturwissenschaftliche und technische Zwecke in Berlin, Frankfurt, Geesthacht, Karlsruhe, München und Stetternich und ein Leistungsreaktor (Kraftwerk) in Kahl a/M., gebaut. Bei allen Reaktortypen treten verschiedenartige kernphysikalische Strahlen auf, die von einer bestimmten Intensität an biologische Schäden verursachen, wovor Bedienungspersonal und Umwelt geschützt werden müssen. Hierauf bezieht sich die hier besprochene, interessante Veröffentlichung[1]).

Der biologische Schutzschild ist für genügende Abschirmung der den Röntgenstrahlen verwandten γ-Strahlen und der Neutronen zu bemessen, womit im allgemeinen auch ein genügender Schutz gegen die anderen Strahlenarten (z. B. α- und β-Strahlen) verbunden ist. Die verschiedenen Strahlenarten wurden z. B. behandelt durch F. Münzinger: «Atomkraft», Springer 1957, W. Mialki: «Kernverfahrenstechnik», Springer 1957 und Th. Jaeger: «Technischer Strahlenschutz», Thiemig 1959. Für die im Reaktor vorherrschende *γ-Strahlung* von etwa 1 bis 3 Mio Elektronen-Volt (MeV) ist die Abschirmwirkung (Umsetzung der Bewegungsenergie der Elementarteilchen in Wärme) in den verschiedenen Materialien etwa proportional ihrem Raumgewicht.

Die Abschwächung des *Neutronen*-Flusses und die Art der Energieumwandlung ist stark von den getroffenen Elementen abhängig. Die Bremsung der Geschwindigkeit wächst mit dem spezifischen Gewicht des Materials, während für die Energieumwandlung in Wärme leichte Elemente geeigneter sind. Eisen schwächt den Neutronen-Fluss stark ab, wird aber dabei selbst zu einem starken, sekundären γ-Strahler, der anschliessend wieder abgeschirmt werden muss. Ein wirksamer Elektronenschutz enthält schwere und leichte Elemente sowie Elemente, welche die thermischen Neutronen einfangen, ohne dabei energiereiche γ-Strahlen zu emittieren.

Für den Strahlenschutz wird zweckmässig der *Beton* der raumabschliessenden und tragenden Konstruktionen herangezogen, mit Anpassung seiner Zusammensetzung an die obigen Erfordernisse, soweit dies praktisch und wirtschaftlich möglich ist. Für Forschungsreaktoren, in denen man möglichst nahe zu der Strahlungsquelle herankommen muss, ist meist die Verwendung von Schwerbeton zweckmässig, während bei Leistungsreaktoren eine Abschirmung mit normalem Beton wirtschaftlicher sein kann.

In der ersten Abschirmzone der Reaktoren entsteht besonders viel *Wärme*; diese kann die Betonkonstruktionen schädigen. Häufig wird ein innerer erster Schutzschild aus Stahl angeordnet, den man durch Flüssigkeit oder Gas kühlt. Bei Wasserbeckenreaktoren übernimmt das Wasser diese Aufgabe. In der inneren Zone des Abschirmbetons können zudem Kühlschlangen verlegt werden. Der Beton muss weitgehend rissefrei bleiben, da die Neutronen, die durch Zusammenstoss mit andern Elementen ständig ihre Richtung ändern, auch unregelmässige Risse durchdringen, ähnlich wie ein Gas. Nach H. S. Davis («High-density concrete for shielding atomic energy plants», Proc. A. C. I. 29 — 1958) ist die *Beständigkeit von Beton* gesichert gegenüber einer starken Neutronenstrahlung von 10^{11} Neutronen/cm² oder einer γ-Strahlung von 2.10^{11} MeV/cm², die eine Temperaturerhöhung von rd. 28° C im Beton verursacht.

Die im Talsperrenbau verwendeten *Zemente* sind in der Regel auch für den Strahlenschutzbeton geeignet. Die Herstellung von Zementen mit besonders hoher Strahlenabsorption ist einstweilen weder wirtschaftlich gerechtfertigt, noch besonders wirksam. Zemente geringer Hydratationswärme (z. B. 15 bis 35 cal/g) schränken die Rissbildung ein (vgl. z. B. B. Hampe: Temperaturschäden im Beton und Massnahmen zu ihrer Verhütung, «Bauing.» 33/1958).

Die Zemente sollen einen zähklebrigen, wasserhaltenden Zementleim ergeben, wie dies z. B. auch durch die vorläufigen «Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle», («Beton- und Stahlbetonbau» 53/1957) an-

[1]) **Beton als Strahlenschutz für Kernreaktoren.** Von *K. Walz* und *G. Wischer.* 52 S. mit 17 Abb. und 6 Tabellen. Köln 1961, Westdeutscher Verlag. Preis DM 18,70.

gestrebt wird. Zur Einschränkung des Schwindens ist das Prepakt-Betonierverfahren geeignet; zur Vermeidung klaffender Risse ist eine enge Armierung einzulegen.

Schwere Beton-Zuschlagstoffe, wie Baryt (Schwerspat), Eisen oder Eisenerze, Metallhüttenschlacken und Ferrophosphor ergeben als Ersatz eines mehr oder weniger grossen Anteils der Beton-Zuschlagmaterialien eine wirksame und wirtschaftliche Erhöhung des Strahlenschutzes. Die Druckfestigkeit der Zuschlagstoffe sollte etwa 800 kg/cm² überschreiten. *Baryt* hat Raumgewichte von 4,1 bis 4,3 g/cm³, die Spaltfestigkeit lässt gelegentlich zu wünschen übrig. Barytbeton zeigt etwa die doppelte Temperatur-Dehnzahl wie gewöhnlicher Beton. *Eisen* mit 7,8 g/cm³ Raumgewicht lässt sich kaum wirtschaftlich auf geeignete Körnungen zerkleinern und verhält sich betontechnisch ungünstig. Wasserfreie *Erze* haben in der Regel Raumgewichte von 4,3 bis 4,8 g/cm³. Vor allem findet Magnetit Anwendung, daneben auch Hämatit und Ilmenit und gelegentlich die kristallwasserhaltigen Erze Limonit und Goethit. Eigenfestigkeit und Spaltbarkeit der Erze variieren in weiten Grenzen, günstig sind immer feinkristalline Materialien ungeregelter Textur.

Die *Schwer-Zuschläge* müssen in der Regel zerkleinert, in Korngruppen klassiert und gegebenenfalls bei anhaftendem Staub gewaschen werden. Bei der *Zuschlag-Aufbereitung* sind die allgemeinen Regeln der Beton-Technologie zu beachten, wobei die Verarbeitbarkeit und Erzielung guter Festigkeit gegebenenfalls durch Natursand-Beigabe erleichtert werden kann. Für Prepakt-Beton wird das Kornmaterial unter etwa 20 mm bis 30 mm Durchmesser weggelassen.

Bor- oder lithiumhaltige *Betonzusätze* erhöhen die Neutronenabsorption. Das borhaltige Erz Colemanit verzögert aber Abbinden und Erhärten des Betons, eine Aufhebung dieser Wirkung durch chloridhaltige Zusätze ist wegen Korrosionsgefahr nicht zu empfehlen.

Für die *Beton-Herstellung und -Verdichtung* (Vibration!) gelten die bewährten Regeln (z. B. K. Walz: Anleitung für die Zusammensetzung und Herstellung von Beton mit bestimmten Eigenschaften, W. Ernst & Sohn 1958; und: Wie werden betontechnische Erkenntnisse für das Bauen nutzbar gemacht?, «Beton» 10/1960 sowie F. Kluge: Vorausbestimmung der Wassermenge bei Betonmischungen für bestimmte Betongüten und Frischbetonkonsistenzen, «Bauingenieur» 1949.) Der Wasserzementwert sollte zur Gewährleistung genügender Dichtigkeit und Festigkeit allgemein bei massigen Bauteilen 0,7 und bei dünnwandigen 0,55 nicht übersteigen. Der Luftporengehalt des frischen, verdichteten Strahlenschutz-Betons soll etwa 2-Raum-% nicht überschreiten. Das Raumgewicht des frischen Betons verringert sich nach Austrocknung um 100 bis 150 kg/m³. Für genügende Gas-Dichtigkeit von ausgetrocknetem Beton sind auf der Oberfläche des Strahlenschutzbetons porenfreie Anstrichfilme sorgfältig aufzutragen. (Vgl. K. Walz: Undurchlässiger Beton, «Bautechnik-Archiv», H. 13. W. Ernst & Sohn, 1956).

Die Anwendung der oben zusammengefassten Grundsätze auf den *Bau des Forschungsreaktors Geesthacht* wird im besprochenen Forschungsbericht eingehend erläutert. Dieser Wasserbeckenreaktor zeigt im Bereich der stärksten Strahlung den folgenden Aufbau der Wandung: 180 cm Barytbeton (aussen) + 5 cm Vergussmörtel + 5 mm Stahlblech + 50 cm Kiessandbeton + 5 cm Plattenbelag (innen). Baryt-Zuschlag mit Zementdosierung 270 kg/m³. Barytbeton-Raumgewicht 3450 kg/m³. Im Mittel betrug nach 28 Tagen die Druckfestigkeit 355 kg/cm² und die Biegezugfestigkeit 40 kg/cm².

Die Arbeitsfugen wurden 6 bis 8 Stunden nach dem Betonieren mit Pressluft-Wasserstrahl (6 at) vom Feinmörtel befreit und die groben Zuschlagkörner freigelegt, hierauf wurde das freie Oberflächenwasser mit Pressluft weggeblasen und die Oberfläche bis zum Aufbringen der nächsten Schicht mattfeucht gehalten, unmittelbar vor dem Betonieren erneut mit Pressluft abgeblasen und dann zunächst mit Zementleim ($W/Z = 0{,}45$), 1 bis 2 mm dick, sorgfältig eingebürstet.

Zwängspannungen infolge der für die einzelnen Bauteile verschieden fortgeschrittenen Abkühlung der Abbindewärme wurden durch Heizung derselben eingeschränkt. Zum Schutz gegen zu rasches Austrocknen wurden die Bauteile vier Wochen in der Schalung gelassen und unmittelbar nach Ausschalen die Oberfläche mit Teeremulsion gestrichen. Das chemisch gebundene Wasser und auch das verbleibende Kapillarwasser verbessert die Abschirmung der Neutronen.

Der besprochene Forschungsbericht enthält viele praktische Winke für den aktuellen Reaktor-Betonbau und dessen Baukontrolle. Dr. *A. Voellmy,* EMPA, Dübendorf

Mitteilungen

Der Tanker «Manhattan», der von der Bethlehem Steel Comp. in ihrer Werft in Quincy, Massachusetts, erbaut und am 15. Januar 1962 der Manhattan Tankers Comp. übergeben wurde, ist das grösste Handelsschiff, das je in den USA gebaut wurde und unter amerikanischer Flagge im Dienste steht. Seine Länge über alles beträgt 286 m, die Länge zwischen Perpendikeln 272 m, die Breite 40 m, der Tiefgang 20,5 m, das Eigengewicht (d. W.) 106 568 t, die Reisegeschwindigkeit 17½ Knoten, das Fassungsvermögen für Rohöl 145 000 m³, dasjenige für Brennstoff 15 400 m³, der Aktionsradius 46 000 km, die Antriebsleistung an der Propellerwelle bei normalem Vorwärtsgang 39 000 PS, bei maximaler Geschwindigkeit 43 000 PS. Der Einsatz so grosser Tanker ergibt sich aus wirtschaftlichen Gründen: Für den Rohöltransport vom Persischen Golf nach den USA werden die Transportkosten mit einem Schiff der 100 000 d. w. t.-Klasse rd. 10 % geringer als mit einem solchen der 46 000 d. w. t.-Klasse und mehr als 50 % geringer als mit einem 29 000 d. w. t.-Schiff. Die Verwirklichung des aussergewöhnlich grossen Fahrzeugs stellte interessante schiffbautechnische Probleme, über die in «The Engineer» vom 28. Sept. 1962, S. 567 ff. berichtet wird. Hier sei lediglich auf die Oelpump-Einrichtungen und die Maschinenanlage hingewiesen. Diese befindet sich im hintersten Schiffsteil und besteht aus zwei getrennten Anlagen, von denen jede auf eine Propellerwelle wirkt. Jede Anlage umfasst einen Zweitrommel-Wasserrohrkessel von Foster Wheeler für 66 t/h Dampf von 44 atü, 455 °C, eine Hochdruck-Turbine (mit zweistufigem Aktionsrad und mehreren Reaktionsstufen), eine einflutige Niederdruck-Turbine (Reaktionsstufen mit eingebauter Rückwärtsturbine) und ein zweistufiges Getriebe. Hinzu kommen drei Getriebe-Turbo-Generatoren von je 750 kW für die Stromversorgung der Bordnetze. Das Rohöl-Pumpsystem setzt sich aus sieben getrennten Anlagen zusammen, die den gleichzeitigen Umlad von sieben verschiedenen Oelsorten erlauben. Die 45 Oelbehälter von insgesamt 145 000 m³ Inhalt lassen sich durch fünf Hauptpumpen von je 228 m³/h Förderleistung und zwei weitere Pumpen von je 180 m³/h in weniger als 24 Stunden entleeren. Bei den Probefahrten, die anfangs 1962 durchgeführt wurden, konnten die Seetüchtigkeit und die vorgesehene Manövrierfähigkeit sowie eine maximale Geschwindigkeit von über 19 Knoten festgestellt werden.

«C. I. R. P.-Annalen». Im Jahre 1951 haben sich aus mehreren Ländern führende Wissenschaftler der Fertigungstechnik zur gemeinsamen Förderung der Fertigungswissenschaft in Paris zusammengefunden und die «Internationale Forschungsgemeinschaft für mechanische Produktionstechnik» gegründet. Diese Gemeinschaft hat sich die Aufgabe gestellt, durch wissenschaftliche Forschung und Versuche die vielfältigen Methoden der mechanischen Bearbeitung fester Werkstoffe, einschliesslich Leistungsprüfung und Arbeitsgüte, zu fördern. Sie will weiter unter den Wissenschaftern durch Vergleich ihrer Forschungsprogramme und durch Austausch der erzielten Ergebnisse enge Verbindungen herstellen. Und schliesslich sollen die Forscher zu Kolloquien zusammenkommen, um eine Synthese der Ergebnisse zu erzielen und diesen eine entsprechende Verbreitung zu sichern. Damit soll auch der in der Praxis wirkende Ingenieur durch die Kenntnis der grundlegenden Fortschritte in der Produk-