

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 13

Artikel: Wärmedämmungen in Kernkraftwerken
Autor: Frei, Dieter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78154>

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: 27.01.2026

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

Gesundheitswesen eine Arbeitsgruppe eingesetzt, welche Anfang 1989 einen aufschlussreichen Bericht vorlegte [1]. Er trägt den Titel «Legionellen – ein hygienisch-technisches Problem» und bietet eine sehr gute Übersicht über den Stand der Erkenntnisse. Mit einer kleinen Broschüre hat die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) Luzern ein gut dokumentiertes Werk geschaffen [2]. Dort wird das Schutzziel folgendermassen formuliert: «Luftbefeuchtungsanlagen sind so zu gestalten, einzubauen, zu betreiben und zu warten, dass eine gesundheitliche Gefährdung ausgeschlossen ist».

Den gleichen Zielen dienen unter anderem die Normen des Schweizerischen

Ingenieur- und Architekten-Verbandes Nr. 382 (Lüftungstechnische Anlagen) und Nr. 385 (Wasseraufbereitung in Gemeinschaftsbädern) [3]. Schliesslich sei noch auf die Richtlinie 35 (1987) des Schweizerischen Institutes für Gesundheits- und Krankenhauswesen aufmerksam gemacht [4].

Hier geht es vor allem darum, die Gefährdung der Risikopersonen zu vermindern. Sowohl im In- wie auch im Ausland wird auf breiter Front gegen die Legionellen gekämpft. Dies sicher mit guten Gründen, liegt doch der Verlauf der tödlichen Fälle bei 15 bis 20 Prozent der befallenen Personen. Entscheidend ist die Vermeidung legionellenhaltiger Aerosole. Gefährdungen

bestehen beispielsweise bei raumlufttechnischen Anlagen mit Befeuchterkammern, bei Warmduschen, bei Warmsprudelbecken und anderen Möglichkeiten der Inhalation von Aerosolen. Im Kampf gegen die Legionellen spielen daher die *Luftbefeuchter auf dem Verdampfungsprinzip* eine sehr wichtige Rolle. Ihre Bedeutung wird zweifellos im High-Tech-Zeitalter noch zunehmen, da sie absolut rückstandslos arbeiten.

Adresse des Verfassers: W. Hess, Ing. SIA, (vormals Chef des Gesundheitsinspektors der Stadt Zürich), Casa Laurito, 6921 Vico Morcote

Wärmedämmungen in Kernkraftwerken

In den westlichen Industrieländern werden Kernkraftwerke in der Regel einmal jährlich für Unterhaltsarbeiten und Sicherheitsinspektionen abgestellt. Die Revisionsperioden werden regelmässig auch dazu benutzt, sicherheitsrelevante Systeme auf den neuesten Stand der Technik zu bringen und nötigenfalls auszutauschen. Am Beispiel der Wärmedämmung, eines relativ einfachen Bauteils, werden die heute gültigen Massstäbe erkennbar.

Lebensdauer von Kernkraftwerken

Die derzeitige öffentliche Diskussion um die Energieversorgung in den westlichen Ländern ist, soweit es die Kern-

VON DIETER FREI,
WINTERTHUR

energieerzeugung betrifft, bekanntlich von einem Zwiespalt geprägt. Stetige Zuwachsraten im privaten Konsum von Energie signalisieren ein ungebrochenes Interesse der Öffentlichkeit an noch mehr Komfort. Anderseits lässt sich heute in keinem Land, mit Ausnahme Frankreichs, eine tragfähige politische Mehrheit für den Ausbau der Kernenergieerzeugung mobilisieren. Ein Wegfall der rund 40% nuklear erzeugten elektrischen Energie durch Stilllegung der Kernkraftwerke würde auch in der Schweiz zu erheblichen wirtschaftlichen Störungen führen. Die Bewältigung der wirtschaftlichen und sozialen Folgeerscheinungen wäre weit gravierender als vergleichende Betrachtungen über den Stimmungsgehalt von Kerzenlicht.

Bis zum Ausweg aus diesem Dilemma, wie immer er auch aussehen mag, verbleibt den Betreibern der heutigen Kernkraftwerke die Aufgabe, ihre Anlagen mit professionellem Fachwissen und dem neuesten Stand der Technik in einem sicherheitstechnisch vertretbaren Zustand zu erhalten. Grundsätzlich stellt sich diese Aufgabe auch dann noch, falls die erwähnte Sowohl-als-auch-Mentalität dereinst zu einem noch höheren Anteil der importierten elektrischen Energie führt. Nur sind es dann die Fachleute fremder Länder, von denen wir dennoch hoffen, dass sie vielleicht ihre Arbeit richtig tun, selbst wenn wir wenig Einfluss darauf haben.

Die ersten Kernkraftwerke in der Schweiz haben nach über zwanzigjähriger Betriebszeit die erste Hälfte ihrer ursprünglich geplanten Lebensdauer überschritten. Wie auch in anderen Bereichen der Technik mehrfach bewiesen, lässt sich der Betrieb einer technischen Anlage fortsetzen, solange der limitierende Faktor nicht systeminhärent ist. Das Ersetzen von Anlagebestandteilen führt oft sogar zu einer Verbesserung der Sicherheit, weil damit ein neuerer Stand der Technik implemen-

tiert wird. Die beim Bau der Anlage ursprünglich als Lebensdauer definierte Zeitschwelle kann unter diesen Umständen mit höheren Sicherheitsmargen überschritten werden. Dies macht verständlich, dass heute die verbleibende Lebensdauer der schweizerischen Kernkraftwerke nicht exakt definiert werden kann: Wir kennen heute die Technologien nicht, welche morgen die Lebensdauer verlängern können.

Anders verhält es sich hingegen bei Anlagen, deren Risiken systeminhärent sind, wie beispielsweise bei den RBMK-Anlagen vom Tschernobyl-Typ. Im Unterschied zu unseren leichtwassermoderierten Reaktoren gibt es dort in der Dynamik bestimmter Teillastzustände keine natürliche «Bremse» der Reaktorleistung. Eine Kernanlage, deren sicheres Funktionieren letztlich allein vom vorschriftsgemässen Handeln des Betriebspersonals abhängt, ist in unseren Massstäben unvorstellbar. Solche Anlagen sollten in der Tat so schnell stillgelegt werden, als es die betreffende Volkswirtschaft ohne Kollaps verkraftet. Die Diskussion über die Stilllegung der alten Kernkraftwerke in den ehemaligen Ostblockländern lässt sich derzeit in der Presse verfolgen. An den Berichten über die Konsequenzen lässt sich erkennen, welch unermessliche Probleme selbst in Ländern mit weniger sensiblen industriellen und wirtschaftlichen Strukturen entstehen könnten.

Erneuerungen im ersten KKW der Schweiz

Im Sinne des volkswirtschaftlichen Auftrages zur Erhaltung der Energiever-

sorgungskapazität sowie der laufenden Anpassung der Anlagesicherheit an den Stand der Technik hat die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) auch in ihrem ersten KKW, Beznau I, die Revisionsintervalle stets zur technischen Erneuerung genutzt. Nach den sich im Endausbau befindlichen Sicherheitsnachrüstungen NANO steht nun als nächstes grösseres Vorhaben der Austausch der beiden Dampferzeuger an.

Im Jahre 1993 werden diese beiden Wärmetauscher ersetzt. Es handelt sich dabei um zwei rund 18 m hohe, zylindrische Druckbehälter von 2 m Durchmesser. Sie stehen innerhalb des Reaktorsicherheitsgebäudes (Containment) und übernehmen die Wärme aus dem 325° Cheissen Druckwasser des Primärkreislaufes. Der in einem zweiten Kreislauf erzeugte Dampf verlässt die Dampferzeuger mit 265° C und wird durch die Sicherheitshülle des Containments hindurch zu den Turbinen geführt.

Die ursprünglichen Dampferzeuger gehören zur Erstausstattung und haben beim Reaktorblock I des Kernkraftwerkes Beznau ihren Dienst seit der Inbetriebnahme im Jahr 1969 versehen. Die neuen Dampferzeuger wurden beim französischen Hersteller Framatome bestellt. Im Zuge der verbreiteten Widerstände gegen die Kernenergie in vielen europäischen Ländern hat Frankreich die Gunst der Stunde genutzt, und zieltstrebig eine leistungsfähige Zuliefererindustrie aufgebaut. Vom Leistungsangebot der schweizerischen Industrie, das sich in den 60er und 70er Jahren vor allem bei den gasgekühlten Anlagekonzepten mit der europäischen Konkurrenz messen konnte, ist leider nicht mehr viel vorhanden. Es bereitet sogar zunehmend Mühe, ausgebildete Nuklearfachleute im eigenen Land zu rekrutieren. Dies ist bedauerlich und wirft ein Schlaglicht auf eine selten erwähnte Schattenseite der politisch verordneten Kernenergieabstinenz.

Um so erfreulicher ist die Tatsache, dass wenigstens die thermische Dämmung für die neuen Dampferzeuger einem Schweizer Unternehmen zugesprochen wurde, welches allerdings mit einer Technologie amerikanischer Provenienz arbeitet.

Anforderungen an die Wärmedämmung

Die Oberfläche der Wärmetauscher ist im Normalbetrieb zwischen 320° C (primär) und 260° C (sekundär) heiss. Ohne Wärmedämmung würde eine Wärmeleitung ins Containment abgegeben, welche die Raumlufttemperatur

auf inakzeptable Werte steigen liesse. Schäden an der Instrumentierung und die Gefahr eines Austrocknens der Betonhülle des Containments wären die Folge.

Wärmedämmungen sind Verkleidungen von wärmeführenden Anlageteilen. Sie stehen in der Regel nicht unmittelbar mit den innerhalb der Komponenten ablaufenden Prozessen in Verbindung. Durch ihre Schutzwirkung gegen zu hohe Wärmeabstrahlung sind sie aber dazu bestimmt, die thermischen Prozessvorgänge positiv zu beeinflussen und die Containment-Innentemperatur in zulässigen Grenzen zu halten.

Eine Wärmedämmung besteht gewöhnlich aus 3 Elementen: dem Dämmstoff, der Stützkonstruktion und dem Oberflächenschutz. In Kernkraftwerken werden an Wärmedämmungen Anforderungen gestellt, die im konventionellen Dämmbereich weder üblich sind, noch mit den dort verwendeten Systemen erfüllt werden können. Diese Anforderungen resultieren aus gesetzlichen Vorschriften, welche allen denkbaren betrieblichen und ausserordentlichen Fällen Rechnung trägt.

Darüber hinaus muss die Wärmedämmung Anforderungen an den betriebs-technischen Arbeitsablauf erfüllen. Diese ergeben sich aus den periodischen Wiederholungsprüfungen von Schweißnähten, der maximal zulässigen Personenstrahlungsbelastung während der De- und Remontage und dem Platzangebot. Schnelle Montierbarkeit von einbaufertigen, passgenauen Dämmelementen sind ebenso entscheidend wie deren mehrmalige Wiederverwendbarkeit während der Lebensdauer sowie problemlose Dekontamierbarkeit und Entsorgung nach Ablauf der Lebensdauer.

Strahlenbeständigkeit sowohl im Sinne der Erhaltung der physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften nach hohen Dosis-Expositionen als auch der Nichtaktivierbarkeit des verwendeten Materials sind weitere Kriterien. Schliesslich darf von den zum Einsatz kommenden Materialien keine zerstörende Wirkung auf die Anlagekomponenten ausgehen: Chloride, Sulfate, Bor und Kobalt haben in engen Toleranzgrenzen zu liegen. Alle Bestandteile eines nuklearen Dämmsystems müssen selbstverständlich den Normen hinsichtlich der Nichtbrennbarkeit entsprechen und unempfindlich gegen Spritz- und Schwallwasser sein.

Die «klassische» Lösung

Bei der Entwicklung einer ersten Generation von thermischen Dämmungen für Kernkraftwerke in den 60er Jahren

galt das Hauptaugenmerk der Dekontaminierbarkeit – auf Kosten mancher anderer Anforderungen, wie sich im Laufe der Jahre noch zeigen sollte. Mit einer geschlossenen metallischen Oberfläche der Dämmelemente glaubte man die einzige mögliche Lösung gefunden zu haben, um das Eindringen mit radioaktiven Flüssigkeiten sowie Staub zu verhindern und die Oberfläche nötigenfalls von strahlenden Rückständen zu reinigen. Jegliche Art von offenliegendem Fasermaterial bezeichnete man auf un-differenzierte Weise als potentiell aktivierbar und somit als Material in strahlender Umgebung ungeeignet. Konstruktiv gelangte man auf diesem Weg zum Aufbau der Dämmelemente unter ausschliesslicher Verwendung von Metall (Ganzmetall-Dämmung) oder der Einkapselung der dämmenden Faserschicht in eine verschweisste Metallkapsel (gekapselte Dämmung).

Im *Ganzmetall-Wärmedämmensystem* waren innerhalb der Kassettenhülle 0,1 mm dicke, austenitische Metallfolien im Abstand von rund 10 mm angeordnet, so dass eine Konvektion innerhalb einer Luftsicht verhindert wurde. Der Abstand zwischen zwei Folien wurde durch Kugelprägungen erhalten, womit sich eine Art Noppenfolie ergab. Am inneren Mantel der Kassettenhülle mussten diese Folien konvektionsdicht verbunden sein. Speziellen konstruktiven Aufwand erforderte die Kompensation der Wärmedehnungen der Bauteile im Innern und zwischen den einzelnen Kassetten.

Die *gekapselte Dämmung* vermeidet diesen konstruktiven Aufwand mit einer Füllung von Mineralfaserdämmstoff anstelle von Metallfolien. Solange die Vorstellungen über Dämmstoff-Fasern auf ihre Unvereinbarkeit mit nuklearen Anforderungen fixiert blieb, war es notwendig, diese in einen luftdicht verschweissten Metallmantel einzupacken. Äusserlich betrachtet glichen die Elemente der gekapselten Dämmungen denjenigen des Ganzmetall-Wärmedämmensystems. Einzelne Elemente bestanden in beiden Varianten aus schweren Kassetten mit einem Außenmantel in 0,5 bis 1 mm austenitischem Stahlblech.

Bedeutende Mittel wurden in die Entwicklung der oben beschriebenen ersten Generation von Wärmedämmungen investiert. Mit enormem technischen Aufwand wurde versucht, die natürlichen Nachteile der Metallkassetten zu mildern. Nur einigen wenigen Herstellern gelang es, diesen Aufwand technisch und finanziell zu verkraften. Die hohen Kosten dieser Produkte waren schliesslich nicht nur technisch bedingt, sondern auch eine Folge des eingeschränkten Wettbewerbes.

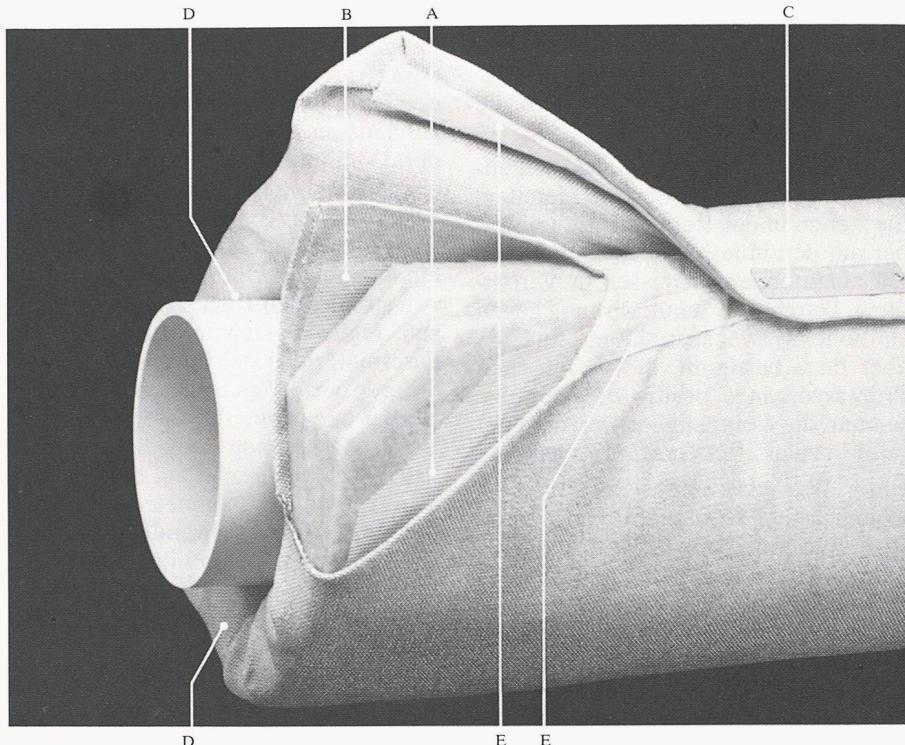


Bild 1. Das Foto zeigt einen Schnitt durch das in diesem Beitrag beschriebene System. A: Kern des Dämmkissens aus speziell langen hochreinen Glasfasern, B: Glasfasernetz, C: Identifikations-Schild, D: Strapazierfähige Glasgewebehülle, E: Klettenverschluss aus rostfreiem Stahl

Die technischen *Nachteile* der «klassischen» Wärmedämmung gaben jedoch den Ausschlag für eine Generationslösung, welche sich in den 80-er Jahren in den USA vollzog und sich heute in der europäischen Nukleartechnik abzeichnet. Die Stirnseiten der Kassetten bilden systembedingte Wärmebrücken, welche in ihrer Gesamtheit den Wärmeleitwiderstand dieser Dämmsysteme entscheidend verringern. Zahlreiche Kernkraftwerke verzeichneten nach der Inbetriebnahme unzulässig hohe Lufttemperaturen im Containment. Nur durch aufwendige Vergrösserung der Belüftungskapazität konnte die anfallende Wärme abgeführt werden, um die Toleranzgrenzen einzuhalten. Geometrisch komplizierte Anlageteile, wie beispielsweise Aufhängungen, Abstützungen, Pumpen und Ventile, sind mit den starren Kassetten überhaupt nicht zu dämmen und strahlen ihre Wärme ungehindert ab. Auch die Passgenauigkeit der starren Elemente haben entscheidenden Einfluss auf die thermische Dämmwirkung. Oft ist diese nach der mechanischen Beanspruchung durch häufige Demontage- und Montagezyklen nicht mehr gewährleistet. Nichtpassende Elemente oder Spalten mit hohen Wärmeverlusten sind die Folge.

Der Zeitaufwand für die Montage und Demontage von Dämmungen in Revisionsstillständen unterliegt zunehmend engeren Toleranzen. Die kumulierte

Aufenthaltszeit des damit beschäftigten Personals im Strahlungsfeld muss möglichst kurz sein. Beeinträchtigte Passgenauigkeit infolge geringfügiger mechanischer Beschädigung und vor allem das hohe Gewicht einzelner Kassetten erhöhen diese und erfordern oft Montagearbeiten durch zwei Personen anstatt einer einzigen.

Entwicklung einer neuen Technologie

Während der ausserordentlich expansiven Phase der 60-er und 70-er Jahre im Aufbau der nuklearen Energieerzeugung gab es praktisch keine Alternativen zur beschriebenen Lösung in der Wärmedämmung. Erst die hohen Kosten und die zunehmenden technischen Probleme, allen voran die hohen Lufttemperaturen in Containments, veranlassten die Suche nach einem neuen Ansatz für die Lösung der Probleme. Die Loslösung von der auf die einfache Gleichung Fasermaterial = Staub fixierte Vorstellung ermöglichte einen analytischen Ansatz. Dieser ging von einem Muss- und Soll-Anforderungskatalog aus, welcher durch Umfragen bei 25 Betreibern von US-Kernkraftwerken ermittelt wurde. Diese Bestandesaufnahme, sowie eine exakte Analyse aller denkbaren Fälle brachte ein ganz neues Spektrum von Anforderungen an den Tag. Sie erhellt schlagnahmend die Tatsa-

Auslegungsbedingungen

Temperaturen	bis 400° C
Explosionsdrücke	bis 2,75 bar
Gammastrahlendosis	bis 10^8 Rad
Neutronenfluss:	
(thermische N.)	$3.2 \cdot 10^{12} \text{ n}^2/\text{cm}^2 \text{ s}$
(schnelle N.)	$2.6 \cdot 10^{12} \text{ n}^2/\text{cm}^2 \text{ s}$
pH-Resistenz	$4 \leq \text{pH} \leq 11$
Wärmeleitfähigkeit: (200° C)	0,065 W/mK
Wärmeleitfähigkeit: (60° C)	0,042 W/mK

che, dass die Dämmung nicht nur einen thermischen Schutz, sondern einen eminent sicherheitsrelevanten Bauteil darstellt.

Beim Bruch einer Primärleitung dürfen die Trümmer der Dämmung keinesfalls die Ventile und Strömungswege der Druckentlastung im Containment und des Notkühlsystems verstopfen. Ferner muss das System widerstandsfähig gegen starke Erdbeben, gegen Feuer, gegen Korrosion und gegen hohe Dosen radioaktiver Strahlung sein. Die Verwendung nichtaktivierbarer Materialien ist eine entscheidende Voraussetzung für die problemlose Entsorgung nach Ablauf der Lebensdauer. Die Lebensdauer soll für 40 Jahre garantiert werden können. Häufige Demontage und Wiedermontage dürfen weder Lebensdauer noch Passgenauigkeit beeinträchtigen.

Neben diesen sicherheitstechnisch bedingten Muss-Anforderungen galt es eine Reihe wirtschaftlicher Auflagen zu erfüllen: eine hohe thermische Dämmwirkung ohne Wärmebrücken zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Raumes und zur Vermeidung von überdimensionierten Lüftungssystemen; wirksamer Wärmeschutz auch für geometrisch komplizierte Anlagenteile; Reduktion der Strahlenbelastung des damit arbeitenden Personals durch gute Handhabungseigenschaften wie geringes Gewicht; rasche Demontage und Montage sowie flexible Anpassbarkeit innerhalb grösserer geometrischer Toleranzen.

Ein Team von Physikern und Materialtechnologen entwickelte im Jahr 1972 in den USA eine Antwort auf diese Anforderungen, welche völlig unabhängig von den bisherigen Vorstellungen und Ansätzen war. Das Resultat war erstaunlich. Dämmstoff-Fasern richten entgegen der weitverbreiteten Meinung kein Unheil an, solange sie aus nichtaktivierbarem Material hergestellt sind und durch geeigneten mechanischen Verbund zu kompakten Einheiten verarbeitet werden. Dies war die Geburts-

stunde eines *Glasfaser-Matratzen-Konzeptes* das nach eingehenden Tests schliesslich seinen Durchbruch und Anwendung in heute weltweit über 70 Kernkraftwerken fand.

Der heutige Stand der nuklearen Dämmtechnik

Die einzelnen Elemente dieses modernen Wärmedämmssystems bestehen aus flexiblen, weichen Kissen oder Matratzen. Den Kern einer solchen Matratze bilden speziell hergestellte, hochreine Glasfasern. Im Herstellungsverfahren für nukleare Anwendungen werden die Verunreinigungen ausgedampft. Die einzelnen Fasern sind speziell lang. Gegen chemischen Angriff erhalten die Fasern ein anorganisches Coating. Zur Verbesserung der Formstabilität werden die zu einem Kern gebündelten Fasern in ein Glasfasernetz eingepackt und damit verwoben. Die Hülle einer Matratze besteht aus einem sehr dichten, widerstandsfähigen Glasfasergewebe, welches ebenfalls speziell für nukleare Anwendungen entwickelt wurde.

Die Matratze ist mit einem Glasfaser-Faden allseitig vernäht, kann jedoch am Montageort auf einfache Art und Weise abgeändert und angepasst werden. Die einzelnen Matratzen sind handlich und leicht. Sie umschließen den zu dämmenden Bauteil vollständig, ohne Lücken oder Wärmebrücken. Untereinander sind die Matratzen durch Klettverschlüsse aus rostfreien Stahlketten verbunden. Jede Matratze trägt ein Identifikationsschild mit System- und Stücknummer. Matratzen werden 1- bis 3-lagig übereinander verlegt, je nach Dämmstärke. Die maximale Dicke pro Schicht beträgt bis zu 80 mm.

Als mechanischer Schutz wird ein 0,6 bis 0,8 mm starkes, kobaltarmes Edelstahlblech verwendet. Die Mantelbleche um Rohrleitungen werden in Halb- oder Drittelschalen ausgeführt und mit auf seismische Belastungen geprüften Verschlüssen untereinander verbunden.

Für Apparate und Behälter wird keine fest angeschweißte Stützkonstruktion benötigt. Spannringe halten eine Vorrichtung, in welche die Dämmelemente und die Stahlblechverschalungselemente eingeschoben werden. Der selektive Zugang zu lokalen Schweißnähten im Rahmen der Wiederholungsprüfungen ist jederzeit möglich. Der Vorgang wird durch einfache Steckverbindungen erleichtert und erfolgt sehr rasch und ohne Werkzeuge.

Auch komplizierte Formen, die mit starren Kassetten nicht oder nur mit grosstem Aufwand zu dämmen waren, können nun dank der Biegsamkeit und

Anpassbarkeit der Matratzen ohne Wärmebrücken gedämmt werden. Das System akzeptiert theoretisch grosse Fertigungstoleranzen ohne Beeinträchtigung der Passgenauigkeit und der Dämmeffizienz. Ein Systemhandbuch gibt Auskunft über die Montage und Demontage der Teile.

Neu in der nuklearen Dämmtechnik ist auch ein konsequentes Qualitätssicherungsprogramm, welches das System von der Rohstoffwahl über Rezeptur und Herstellung der Materialkomponenten bis zur Montage begleitet. Qualitätssicherungszeugnisse geben lückenlos Auskunft über die einzelnen Schritte, damit die garantierten Systemdaten erhalten bleiben. Die Qualifikation aller an der Herstellung und Montage beteiligten Personen unterliegt ebenfalls entsprechender Kriterien und Kontrollen.

Testprogramm

Für die Zulassung eines Produktes innerhalb des Containments ist nach den Richtlinien der US Nuclear Regulatory Commission eine Reihe von Prüfungen notwendig. Neben Brand-, Korrosions Strahlen- und mechanischen Wechsellaustbeanspruchungs-Test sind die Prüfungen im Zusammenhang mit ausserordentlichen Fällen (Kühlmittelverlust) von Bedeutung. Dies vor allem deshalb, weil zum erstenmal ein Dämmssystem derartigen Extremfalluntersuchungen unterzogen wurde.

Für den sogenannten Blowdown-Test wurden Dämmelemente einem Hochdruck-Wasser / Dampfstrahl ausgesetzt. Im weiteren wurde die Sinkrate der dabei entstandenen Trümmer im Wasser bestimmt. Schliesslich ermittelte man experimentell die Transportmenge der Bestandteile im fliessenden Wasser. Das Ziel dieser Untersuchungen war die Bestimmung des Druckverlustes, welches bei der Umwälzung des Wassers aus dem Notkühlsystem in den Strömungsgängen entstehen könnte. Alle Ergebnisse sind zertifiziert.

Praktische Erfahrungen

Das hier beschriebene System kam erstmals zu Beginn der 80-er Jahre unter dem Namen NUKON in den USA zum Einsatz. Bezeichnenderweise handelte es sich in den meisten Fällen nicht um Erstausrüstungen, sondern um Sanierungen. Die Ursache für den Austausch der Dämmung waren in der überwiegenden Zahl der Fälle hohe Containmenttemperaturen, verbunden mit der Ausschöpfung aller anderen Massnahmen zu deren Reduktion. Im Jahre 1988

wurde dieses Verfahren im schwedischen Kernkraftwerk Ringhals I erstmals in Europa eingesetzt. Als Resultat wurde eine 5° C tiefere Temperatur im Containment gemessen. Die Ganzmetall-Dämmung war lokal zwischen 15 und 50% weniger wirksam als das Matratzensystem. In Ringhals I wurden innerhalb 6 Wochen insgesamt 2000 solcher Matratzen installiert.

Die Strahlenbelastung des Montagepersonals, gemessen in Mann-Rem, vermindert sich bei diesem System um den Faktor zwei, verglichen mit den «klassischen» Dämmssystemen. Bei gleicher Oberfläche reduziert sich die Anzahl der zu montierenden Einzelteile im Verhältnis 3:2 zugunsten des Matratzen-Systems. Sämtliche Nachteile der Kassetten, z.B. hohes Gewicht, aufwendige Anpassarbeiten und gravierende Folgen von Deformationen sind eliminiert.

Die Entsorgung dieses Dämmelementes bereitet im Vergleich mit den Metallkassetten geringe Probleme. Nach Bestrahlung im hohen Fluss schneller und thermischer Neutronen klingt die angeregte Aktivität innerhalb 2 Stunden auf den Halbwert ab. Kontaminierte Matratzen können durch schonendes Waschen in den in Nuklearanlagen vorhandenen Waschmaschinen gereinigt werden, bevor sie als nichtaktiver Abfall entsorgt werden.

Widerstand gegen Neues, Unbekanntes ist eine tägliche Erfahrung. Begreiflich ist dieser Reflex insbesondere dort, wo es um höchste Sicherheit geht. Im Jahre 1990 wurde dieses seit 10 Jahren erprobte System erstmals in der Schweiz eingesetzt. Im Kernkraftwerk Mühleberg erleichtert es den Zugang zu den Schweißnähten in den Umwälz-Leitungen und reduziert damit die Strahlenbelastung des Personals während den Wiederholungsprüfungen. Neustens werden nun die neuen Dampferzeuger im KKW Beznau I mit diesem Wärmedämmssystem ausgerüstet.

Die Qualität und die Erfüllung aller erforderlichen Auflagen ist einem modernen nuklearen Dämmssystem optisch nicht anzusehen. Die beschriebenen Kriterien und Verfahren bringen ein wenig Licht in den hohen Stand der Nukleartechnik, von dem die Öffentlichkeit leider nur in geringem Masse Kenntnis nimmt.