



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



## Aufsichtsbericht 2008

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Aufsichtsbericht 2008**

über die nukleare Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

## **Rapport de Surveillance 2008**

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

## **Regulatory Oversight Report 2008**

concerning nuclear safety in Swiss nuclear installations

# Inhalt

Vorwort	4
<i>Préface</i>	6
<i>Preface</i>	8
Zusammenfassung und Übersicht	11
<i>Résumé et aperçu</i>	14
<i>Summary and overview</i>	17
Organigramm	20
<b>1. Kernkraftwerk Beznau</b>	<b>21</b>
1.1 Überblick	21
1.2 Betriebsgeschehen	22
1.3 Anlagetechnik	25
1.4 Strahlenschutz	27
1.5 Radioaktive Abfälle	28
1.6 Notfallbereitschaft	29
1.7 Personal und Organisation	30
1.8 Sicherheitsbewertung	30
<b>2. Kernkraftwerk Mühleberg</b>	<b>33</b>
2.1 Überblick	33
2.2 Betriebsgeschehen	34
2.3 Anlagetechnik	35
2.4 Strahlenschutz	37
2.5 Radioaktive Abfälle	39
2.6 Notfallbereitschaft	39
2.7 Personal und Organisation	40
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005	41
2.9 Sicherheitsbewertung	41
<b>3. Kernkraftwerk Gösgen</b>	<b>43</b>
3.1 Überblick	43
3.2 Betriebsgeschehen	44
3.3 Anlagetechnik	45
3.4 Strahlenschutz	48
3.5 Radioaktive Abfälle	49
3.6 Notfallbereitschaft	49
3.7 Personal und Organisation	50
3.8 Sicherheitsbewertung	51
<b>4. Kernkraftwerk Leibstadt</b>	<b>53</b>
4.1 Überblick	53
4.2 Betriebsgeschehen	54
4.3 Anlagetechnik	56
4.4 Strahlenschutz	59
4.5 Radioaktive Abfälle	60
4.6 Notfallbereitschaft	61
4.7 Personal und Organisation	62
4.8 Sicherheitsbewertung	62
<b>5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen</b>	<b>65</b>
5.1 Zwischenlagergebäude	65
5.2 Konditionierungsanlage	66
5.3 Plasma-Anlage	67
5.4 Strahlenschutz	67

5.5	Notfallbereitschaft ZWILAG	68
5.6	Personal und Organisation	68
5.7	Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	69
5.8	Gesamtbeurteilung	69
<b>6.</b>	<b>Paul Scherrer Institut (PSI)</b>	<b>71</b>
6.1	Die Kernanlagen des PSI	71
6.2	Forschungsreaktor PROTEUS	71
6.3	Hotlabor	72
6.4	Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen	72
6.5	Behandlung radioaktiver Abfälle	72
6.6	Lagerung radioaktiver Abfälle	73
6.7	Strahlenschutz	74
6.8	Notfallbereitschaft	74
6.9	Personal und Organisation	74
6.10	Strahlenschutz-Schule	74
6.11	Gesamtbeurteilung	74
<b>7.</b>	<b>Weitere Kernanlagen</b>	<b>75</b>
7.1	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	75
7.2	Universität Basel	75
<b>8.</b>	<b>Transport von radioaktiven Stoffen</b>	<b>77</b>
8.1	Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	77
8.2	Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	78
8.3	Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	78
8.4	Transport bestrahlter Brennelemente und verglaste hochaktiver Abfälle	78
8.5	Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	79
8.6	Inspektionen und Audits	79
<b>9.</b>	<b>Neue Kernkraftwerke</b>	<b>81</b>
<b>10.</b>	<b>Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</b>	<b>83</b>
10.1	Sachplan geologische Tiefenlager	83
10.2	Schwach- und mittelaktive Abfälle	84
10.3	Hochaktive Abfälle	85
10.4	Felslaboratorien	85
<b>11.</b>	<b>Anlagenübergreifende Themen</b>	<b>87</b>
11.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	87
11.2	Erdbebengefährdungsanalyse	89
11.3	Übereinkommen über nukleare Sicherheit	90
11.4	Fachgespräche zur Sicherheitskultur	90
	<b>Anhang</b>	<b>91</b>
	<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>	<b>116</b>

# Vorwort



## Unabhängigkeit und Verantwortung

Mit der am 1. Januar 2009 erfolgten Überführung der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) in das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) wird die schweizerische Aufsichtsbehörde im Nuklearbereich auch formell unabhängig. Damit werden die Vorgaben des Kernenergiegesetzes und des internationalen Übereinkommens über die nukleare Sicherheit umgesetzt. Diese verlangen eine formelle und wirksame Aufgabentrennung zwischen den nuklearen Sicherheitsbehörden und anderen Stellen oder Organisationen, die sich mit der Nutzung der Kernenergie befassen.

Das ENSI hat die gleichen Aufgaben, die bisher von der HSK wahrgenommen wurden. Organisatorisch ist es als öffentlich-rechtliche Anstalt der Bundesverwaltung wie beispielsweise das Eidgenössische Institut für geistiges Eigentum oder die Swissmedic ausgestaltet. Das ENSI ist funktionell, institutionell und finanziell unabhängig. Die Geschäftsleitung des ENSI muss dem ENSI-Rat, der in seinen strategischen Funktionen einem Verwaltungsrat entspricht, Rechenschaft ablegen. Dieser ist seinerseits dem Bundesrat Rechenschaft schuldig und muss ihm jährlich Bericht erstatten. Zudem wird das ENSI durch eine Revisionsstelle regelmässig überprüft.

Der Schritt in die Unabhängigkeit hat unsere Arbeit im 2008 massgeblich geprägt. Die ENSI-Verordnung sowie eine Reihe von Bestimmungen und Reglementen im Personal- und Finanzbereich mussten verfasst, diskutiert und verabschiedet werden. Die Zustimmung des Bundesrates war

notwendig für die ENSI-Verordnung, das Personalreglement, die Gebührenverordnung und das Vorsorgereglement. Am 12. November 2008 hat der Bundesrat den ersten drei Ausführungsbestimmungen zugestimmt und am 19. Dezember 2008 auch dem Vorsorgereglement. Damit war der Weg frei für den Schritt von der HSK zum ENSI.

Die Unabhängigkeit bedeutet für das ENSI auch eine Erleichterung im administrativen Bereich. Wir können nun effizienter auf neue Anforderungen reagieren. Dies ist heute besonders wichtig, sind wir doch mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert, die kurze Entscheidungswege verlangen. Zu diesen Herausforderungen gehören unter anderem die Begutachtung der eingereichten Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke, das Sachplanverfahren zur Standortsuche für geologische Tiefenlager, der Langzeitbetrieb der bestehenden Kernkraftwerke während mehr als 40 Jahren sowie die Suche nach qualifizierten Mitarbeitenden. Gerade der letzte Aspekt ist dank der Unabhängigkeit einfacher geworden, entscheidet nun der ENSI-Rat abschliessend über die Organisationsform und den Personalbedarf des ENSI. Um die aufgeführten Herausforderungen zu bewältigen, werden wir uns im Laufe dieses Jahres eine neue Organisationsstruktur geben und die Zahl der Abteilungen von bisher 4 auf 6 erhöhen. Gleichzeitig wird der Personalbestand von derzeit 100 Mitarbeitenden im Laufe der kommenden 2 bis 3 Jahre um 15 bis 20 Personen erhöht. Bei einem Ja des Schweizer Volks zu den Referendumsabstimmungen über die Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke werden wir uns personell um weitere 30 Mitarbeitende verstärken müssen, damit wir unsere Aufgaben kompetent und in hoher Qualität erfüllen können.

Der für den Personalausbau notwendige Platz steht am heutigen Standort am Paul Scherrer Institut nicht zur Verfügung. Im Februar 2010 ziehen wir deshalb nach Brugg an unseren neuen Sitz im Campus-Bereich der Fachhochschule. Die gute Er-

reichbarkeit in unmittelbarer Nähe des Bahnhof Brugg dürfte zur Attraktivität des ENSI als Arbeitgeber beitragen und die Suche nach zusätzlichen Mitarbeitenden erleichtern.

Mit der Unabhängigkeit nimmt auch die Verantwortung zu. Das gilt für unsere Entscheide und für unsere Öffentlichkeitsarbeit. Schon bisher waren wir in fachtechnischer Hinsicht unabhängig und bleiben dies natürlich auch in Zukunft. Grösser ist die Veränderung im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit. Das ENSI wird selbstständiger agieren müssen als die HSK. Wir wollen als ENSI in der Öffentlichkeit als unabhängige Aufsichtsbehörde und Kompetenzzentrum für Fragen zur nuklearen Sicherheit bekannt und anerkannt sein. Das in Ausarbeitung stehende Kommunikationskonzept hat genau dieses Ziel vor Augen. Es ist unser Anliegen, dass die Öffentlichkeit, die Politik und die Beaufichtigten umfassend, transparent und ausgewogen über unsere Arbeit und unsere Aufgaben informiert sind und so Vertrauen in unsere Arbeit gewinnen.

Als nukleare Aufsichtsbehörde sind wir dafür verantwortlich, dass die Betreiber von Kernanlagen der Sicherheit immer die erste Priorität einräumen und nicht auf Kosten der Wirtschaftlichkeit notwendige Sicherheitsmassnahmen verzögern. Es ist aber auch unsere Aufgabe, die gesetzlichen Vorgaben zur Sicherheit von Kernanlagen zu konkretisieren. Wir haben dazu unsere Vorgaben in einer Reihe von Richtlinien festgehalten. Richtlinien sind Vollzugshilfen, die eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen und den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik festhalten.

Die Erfahrungen aus den öffentlichen Veranstaltungen zum Sachplanverfahren sowie den Anfragen aus dem Parlament und der Öffentlichkeit zeigen immer wieder auf, dass von uns Entscheide verlangt werden, die gegen die gesetzlichen Vorgaben verstossen würden. Nicht selten wird uns deshalb Mutlosigkeit vorgeworfen. Als Behörde müssen wir jedoch nicht mutig sein, sondern kor-

rekt. Mut brauchen wir, um den Weg der Korrektheit einzuhalten und uns nicht von situativen Forderungen der Politik, der Öffentlichkeit und Medien beeinflussen zu lassen. Auch wenn dieser Weg nicht immer einfach ist, bleibt er für eine Behörde der einzig gangbare. Das Parlament und der Bundesrat haben klare gesetzliche Vorgaben gemacht. Diese einzuhalten, ist unsere Pflicht. Durch Korrektheit, Transparenz und Unabhängigkeit sowie durch Verlässlichkeit in unseren Entscheiden schaffen wir Vertrauen. Dies ist gerade dann wichtig, wenn wegen Vorkommnissen in Kernanlagen im In- oder Ausland der Ruf nach kurzfristigen Massnahmen laut wird. Es ist unsere Aufgabe, auch in solchen Situationen die Fakten sauber zu analysieren, fundierte Schlüsse zu ziehen und die richtigen Massnahmen im Einklang mit den gesetzlichen Vorgaben und dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik umzusetzen. Schnellschüsse dienen in der Regel nicht der Sicherheit und untergraben das Vertrauen in die Aufsichtsbehörde.

Vertrauen baut auch auf kompetenter und rascher Information. Wir haben deshalb mit dem Übergang von der HSK zum ENSI unseren Internetauftritt ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)) neu gestaltet und das Informationsangebot erweitert. Insbesondere möchten wir Sie regelmässig mit einem Newsletter über aktuelle Themen zur Sicherheit von Kernanlagen informieren. Wir sind offen für den Dialog mit Ihnen und freuen uns, Ihre Fragen zu beantworten und Ihnen Auskunft über unsere Tätigkeit und Themen der nuklearen Sicherheit zu geben. Es ist uns wichtig, dass Sie über unsere Arbeit und unsere Herausforderungen Bescheid wissen. Unser Auftrag ist der Schutz von Mensch und Umwelt. Diesen wollen wir für Sie und unsere Nachkommen kompetent erfüllen.

  
U. Schmöcker

# Préface

## **Indépendance et responsabilité**

*Avec le passage le 1<sup>er</sup> janvier 2009 de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN) à l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN), l'autorité de surveillance de la Confédération dans le domaine de l'énergie nucléaire est devenue indépendante formellement aussi. On concrétise ainsi les dispositions de la loi sur l'énergie nucléaire et de la Convention internationale sur la sûreté nucléaire, qui exigent une séparation formelle et effective des tâches entre les autorités de sécurité nucléaire et d'autres autorités ou organisations en charge de l'utilisation de l'énergie nucléaire.*

*L'IFSN assumera les mêmes tâches que la DSN. Au niveau de l'organisation, c'est une institution de droit public de l'administration fédérale, au même titre par exemple que l'Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle ou Swissmedic. L'IFSN est fonctionnellement, institutionnellement et financièrement indépendante. Sa direction doit rendre compte au conseil de l'IFSN, dont les fonctions stratégiques correspondent à celles d'un conseil d'administration. Le conseil de l'IFSN doit à son tour rendre compte au Conseil fédéral et rédiger un rapport annuel à son attention. De plus, l'IFSN est régulièrement contrôlée par un organe de révision.*

*Le passage à l'indépendance a fortement marqué notre travail en 2008. L'ordonnance sur l'IFSN ainsi qu'une série de dispositions et de règlements dans le domaine du personnel et des finances ont dû être élaborés, discutés et adoptés. L'approbation du Conseil fédéral a été nécessaire pour l'ordonnance sur l'IFSN, le règlement sur le personnel, le règlement sur les taxes et le règlement de prévoyance. Le 12 novembre 2008, le Conseil fédéral a approuvé les trois premières dispositions d'exécution et le 19 décembre 2008 le règlement de prévoyance. La voie était ainsi libre pour passer de la DSN à l'IFSN.*

*L'indépendance est synonyme aussi pour l'IFSN d'allègement des tâches administratives. Nous pouvons réagir maintenant avec plus d'efficacité à de nouvelles exigences. C'est aujourd'hui d'autant plus important que nous sommes confrontés à une série de défis appelant des décisions rapides. Il s'agit notamment de l'expertise des demandes d'autorisation générale présentées pour de nouvelles centrales nucléaires, de la procédure du plan sectoriel sur la recherche de sites de dépôts en couches géologiques profondes, de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires existantes pendant plus de 40 ans, ainsi que de la recherche de collaborateurs qualifiés. L'indépendance justement a simplifié ce dernier aspect, le conseil de l'IFSN décidant maintenant limitativement de la forme de l'organisation et du besoin en personnel de l'IFSN. Pour relever les défis mentionnés, nous nous donnerons au cours de l'année une nouvelle structure organisationnelle et augmenterons le nombre de nos sections qui passeront ainsi de quatre à six. Dans le même temps, l'effectif du personnel, qui compte actuellement 100 collaborateurs, s'accroîtra ces deux à trois prochaines années de 15 à 20 personnes. Si le peuple suisse dit oui à la votation sur les demandes d'autorisation générale pour de nouvelles centrales nucléaires, nous devons renforcer encore notre effectif et engager 30 nouveaux collaborateurs pour être en mesure de nous acquitter de nos tâches avec compétence et qualité.*

*L'actuel site de l'Institut Paul Scherrer ne dispose pas de la place nécessaire à cette augmentation de personnel. Nous déménagerons donc en février 2010 à Brugg et nous installerons dans notre nouveau siège situé sur le campus de l'Haute Ecole Spécialisée. L'accès aisé à proximité immédiate de la gare de Brugg devrait contribuer à l'attractivité de l'IFSN en tant qu'employeur et faciliter la recherche de nouveaux collaborateurs.*

*La responsabilité aussi augmente avec l'indépendance. Cela s'applique à nos décisions et à nos*

relations publiques. Nous étions jusqu'à présent déjà indépendants techniquement et nous le resterons bien sûr aussi à l'avenir. Le changement dans le domaine des relations publiques est plus important. L'IFSN agira avec plus d'autonomie que la DSN. Nous voulons être connus et reconnus du public comme une autorité de surveillance indépendante et un centre de compétences pour les questions de sécurité nucléaire. Le concept de communication en cours d'élaboration a précisé cet objectif en vue. Nous tenons à ce que le public, les milieux politiques et les installations surveillées soient informés de manière exhaustive, transparente et équilibrée sur notre travail et sur nos tâches et aient ainsi confiance en notre travail.

En tant qu'autorité de surveillance nucléaire, nous sommes responsables et devons veiller à ce que les exploitants d'installations nucléaires donnent toujours la priorité à la sécurité et ne retardent pas des mesures de sécurité nécessaires aux dépens de l'efficacité. Mais nous avons aussi pour tâche de concrétiser les dispositions légales sur la sécurité des installations nucléaires et avons fixé pour cela nos définitions dans une série de directives. Les directives sont des outils permettant une réalisation cohérente, définissant le niveau actuel de la science et de la technique.

Les expériences acquises lors des manifestations publiques sur la procédure du plan sectoriel ainsi que les questions du Parlement et du public continuent de montrer qu'on exige de nous des décisions qui contreviendraient aux dispositions légales. Il n'est donc pas rare qu'on nous reproche un manque de courage. Mais en tant qu'autorité, nous ne devons pas être courageux mais honnêtes.

Et il faut du courage pour respecter cette voie et ne pas nous laisser influencer par les exigences de la politique, du public et des médias. Même si cette voie n'est pas toujours simple, elle est la seule possible pour une autorité. Le Parlement et le Conseil fédéral ont fixé des définitions légales claires. Il est de notre devoir de les respecter. L'honnêteté, la transparence, l'indépendance ainsi que la fiabilité de nos décisions créent la confiance. Ceci est d'autant plus important que, suite à des événements survenus dans des installations nucléaires de Suisse et de l'étranger, l'appel à des mesures à court terme se fait entendre. Il est de notre devoir aussi, dans de telles situations, d'analyser correctement les faits, de tirer des conclusions fondées et d'appliquer les bonnes mesures en accord avec les dispositions légales et le niveau international de la science et de la technique. Les coups de feu ne sont généralement pas utiles à la sécurité et sapent la confiance dans l'autorité de surveillance.

La confiance se construit aussi grâce à une information compétente et rapide. C'est pourquoi nous avons profité du passage de la DSN à l'IFSN pour réorganiser notre site Internet ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)) et étendre l'offre d'informations. Nous souhaitons notamment vous informer régulièrement par le biais d'une Newsletter des thèmes actuels sur la sécurité des installations nucléaires. Nous sommes ouverts au dialogue et nous réjouissons de répondre à vos questions et de vous informer sur notre activité et sur les thèmes liés à la sécurité nucléaire. Il est pour nous important que vous soyez au courant de notre travail et de nos défis. Notre mission est de protéger les hommes et l'environnement. Nous nous en acquitterons avec la compétence voulue, pour vous et pour nos enfants.

# Preface

## **Independence and Responsibility**

*HSK became ENSI (Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate) on 1 January 2009 giving formal independence to nuclear regulation in Switzerland. In so doing it complied with the provisions of the Swiss Nuclear Energy Act and the international Convention on Nuclear Safety, both of which demanded formal and effective separation between the body responsible for nuclear safety and other bodies/organisations responsible for the use of nuclear energy.*

*ENSI has the same remit as the former HSK. Organisationally, it is constituted as a body under public law within the Federal Administration, similar to Swissmedic and the Swiss Federal Institute of Intellectual Property. ENSI enjoys functional, institutional and financial independence. Its management is accountable to the ENSI Board. The latter has strategic functions similar to that of a Management Board and reports to the Federal Council to whom it must submit annual reports. In addition, ENSI is subject to a regular auditing process.*

*The move towards independent status had a significant impact on our work in 2008. The ENSI Ordinance together with the rules and regulations on personnel and finance had to be drafted, discussed and agreed. The Federal Council then had to approve the ENSI Ordinance and the regulations on personnel, fees and pensions. It approved the first three of these implementing rules on 12 November 2008 and on 19 December 2008, it approved the pension arrangements, so clearing the path for HSK to become ENSI.*

*The independence of ENSI will facilitate administrative functions and allow us to respond more effectively to new requirements. This is of particular importance in today's climate as we face a series of challenges that require speedier decision making. These challenges include the review and assessment of applications for outline approval for new nuclear power plants, the Master Plan cover-*

*ring the search for a deep geological repository, the long-term operation of existing nuclear power plants in excess of 40 years and the need for qualified staff. Independence will be of particular help in the recruitment of last of these as the ENSI Board now has responsibility for our organisational structure and staffing. In response to these challenges, we plan to introduce a new structure during 2009 that will see an increase in the number of departments from 4 to 6. In addition, during the next 2–3 years, we will increase our current workforce of 100 by a further 15–20 and if the Swiss People vote yes in the referendum on applications for outline approval for new nuclear power plants, we shall need to recruit a further 30 so that we can discharge our responsibilities competently and professionally.*

*Our current offices at the Paul Scherrer Institute will not be able to accommodate this increase in staff numbers and so in February 2010 we will move to new offices on the campus of the University of Applied Sciences at Brugg. Easy access to Brugg railway station should make ENSI even more attractive as an employer and help with the recruitment of additional staff.*

*With independence comes responsibility. This applies to both our decision making and our PR work. We always had independence in technical matters and this will of course remain so in future. However, the changes to our PR work will be much greater. ENSI needs to act with greater independence than HSK. We want to be known and regarded by the public as an independent regulatory authority and a centre of excellence for issues relating to nuclear safety. We are currently drafting a communications strategy that will adequately reflect this objective. We must ensure that the public, politicians and the facilities subject to regulation are provided with comprehensive, transparent and balanced information on our remit and work. In this way, they will have confidence in what we do. As the nuclear regulatory authority, we are re-*

sponsible for ensuring that safety is paramount at all times and that operators do not delay necessary safety measures on cost grounds. It is also our role to give concrete form to the statutory framework on the safety of nuclear facilities and to this end we publish guidelines that specify our requirements. Guidelines are operating instructions that help to ensure uniformity in the discharge of legal requirements and define the current state of the art in science and technology.

We are aware from both the public consultations on the Master Plan and questions from parliamentarians and the general public that we are repeatedly being asked to make decisions that would be in breach of the legislative framework. We are often charged, therefore with being timid. As a public body our remit is to act correctly rather than courageously. However, we do need courage to ensure that we do not stray from the correct path and do not allow ourselves to be deflected by current politics or the public and media. This may not always be an easy path but, as a public body it is our only course of action. Parliament and the Federal Council have laid down clear guidelines and it is our duty to comply with them. We create trust by acting correctly, transparently and indepen-

dently and making reliable decisions. This is particularly important when incidents in nuclear facilities at both home and abroad provoke calls for short-term measures. Even in such circumstances, we need to conduct a careful analysis of the facts, draw robust conclusions and take the right action on the basis of the statutory framework and the international state of the art in science and technology. Rushed decisions do not normally serve the interests of safety and undermine trust in the regulatory authority.

Trust also comes from the prompt dissemination of authoritative information. As a result, we have used the transition from HSK to ENSI as an opportunity to redesign our website ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)) and to expand the range of information. In particular, we plan to offer a regular newsletter with articles on current issues relating to nuclear safety. We would welcome a dialogue with you and an opportunity to answer your questions and provide information on our work and issues relating to nuclear safety. It is important that you know what we do and the challenges we face. We are tasked with protecting people and the environment and we shall seek to discharge this responsibility competently on your behalf and on behalf of future generations.



# Zusammenfassung und Übersicht

## Von der HSK zum ENSI

Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK ist am 1. Januar 2009 offiziell ins Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI überführt worden. Das ENSI hat von der HSK dessen Aufgaben und Personal vollumfänglich übernommen. Es ist eine öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes im dritten Kreis der Bundesverwaltung und funktionell, institutionell und finanziell unabhängig. Seine Geschäftsleitung muss dem seit Anfang 2008 tätigen ENSI-Rat, einer Art Verwaltungsrat, Rechenschaft ablegen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wird im vorliegenden Bericht durchgehend der Begriff «ENSI» verwendet, auch dann, wenn es sich formal im Berichtsjahr noch um die HSK handelte.

## Allgemeines zur Aufgabe des ENSI

Das ENSI – wie früher auch die HSK – begutachtet und beaufsichtigt als Aufsichtsbehörde des Bundes die Kernanlagen in der Schweiz. Dazu gehören die fünf Kernkraftwerke, die Zwischenlager bei den Kraftwerken, das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen sowie die nuklearen Einrichtungen am Paul Scherrer Institut (PSI) und an den Hochschulen in Basel und Lausanne. Mittels Inspektionen, Aufsichtsgesprächen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich das ENSI den notwendigen Überblick über die nukleare Sicherheit der beaufsichtigten Kernanlagen. Es wacht darüber, dass die Vorschriften eingehalten werden und die Betriebsführung gesetzeskonform erfolgt. Zu seinem Aufsichtsbereich gehören auch die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen sowie die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Das ENSI unterhält eine eigene Notfallorganisation, die Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation ist. Im Falle eines schweren Störfalls in einer schweizerischen Kernanlage käme es zum Einsatz.

Die gesetzliche Basis für die Aufsicht des ENSI bilden das Kernenergiegesetz, die Kernenergieverordnung, das Strahlenschutzgesetz, die Strahlenschutzverordnung sowie weitere Verordnungen

und Vorschriften zur Reaktorsicherheit und Ausbildungen von Betriebspersonal, zum Notfallschutz, zum Transport radioaktiver Stoffe und zur geologischen Tiefenlagerung. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt und aktualisiert das ENSI eigene Richtlinien. Darin formuliert es die Kriterien, nach denen es die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Eine Übersicht über die Richtlinien des ENSI findet sich in der Tabelle 10 im Anhang dieses Aufsichtsberichts. Die Richtlinien sind zudem auf der Website des ENSI ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)) im Internet aufgeschaltet. Das ENSI informiert periodisch über die nukleare Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen. Es nimmt seine Informationspflicht sowohl im Normalbetrieb als auch bei Vorkommnissen in schweizerischen Kernanlagen wahr. Es ist bestrebt, die Öffentlichkeit korrekt, rasch und offen zu informieren. Das ENSI macht seine Information vor allem mit seinen periodischen Berichten, mit Medienmitteilungen, auf seiner Website im Internet und an Veranstaltungen öffentlich zugänglich.

## Jährliche Berichterstattung des ENSI

Der vorliegende Aufsichtsbericht ist Teil der periodischen behördlichen Berichterstattung. Daneben publiziert das ENSI jährlich einen Strahlenschutzbericht, einen Erfahrungs- und Forschungsbericht sowie einen Geschäftsbericht. Die Originalsprache der Berichte ist Deutsch. Einleitungen und Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt.

Das ENSI schaltet seine Berichte auch im Internet unter [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) auf.

## Inhalt des vorliegenden Berichts

Das ENSI berichtet in den Kapiteln 1 bis 4 des vorliegenden Aufsichtsberichts vor allem über das Betriebsgeschehen, die Revisionsarbeiten, den Strahlenschutz, die Organisation und Betriebsführung der Kernkraftwerke Beznau 1 und 2, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. Zudem legt es seine Sicherheitsbewertung zu jeder Anlage dar. Im Kapitel 5 wird das Zentrale Zwischenlager der

ZWILAG in Würenlingen besprochen. Die ZWILAG hat die Aufgabe, radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernanlagen zu verarbeiten und zu lagern. Die Kapitel 6 und 7 behandeln die Aufsicht über die nuklearen Anlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) sowie über die Forschungsreaktoren der Universität Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL). Kapitel 8 bezieht sich auf die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den schweizerischen Kernanlagen. Im Kapitel 9 wird über die Behandlung der drei im 2008 eingereichten Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke berichtet. Kapitel 10 gibt Auskunft über die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle und Kapitel 11 ist anlagenübergreifenden Aspekten gewidmet. Im Anhang finden sich erläuternde Tabellen und Figuren.

### **Beurteilung zu den Kernkraftwerken**

Das ENSI stellt zusammenfassend fest, dass im Berichtsjahr die nukleare Sicherheit der Kernkraftwerke Beznau, Leibstadt und Gösgen in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut war und die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten wurden. Auf Grund der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung attestiert das ENSI dem Kernkraftwerk Mühleberg eine hohe Betriebssicherheit. Bei den Gesamtbeurteilungen verwendet das ENSI in absteigender Reihenfolge die Kategorien «hoch», «gut», «ausreichend» und «ungenügend». Alle Bewilligungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten und Freigabepflichten im Aufsichtsjahr wahrgenommen.

Das ENSI klassierte gemäss seinen Richtlinien 8 Vorkommnisse (im Vorjahr 13) in den Kernkraftwerken (KKW). Auf die einzelnen KKW bezogen sind dies: vier Vorkommnisse im KKW Beznau (je zwei pro Block), eines in Mühleberg, drei in Gösgen und keines in Leibstadt. Alle Vorkommnisse wurden auf der internationalen Ereignisskala INES (INES siehe Tabelle 4 im Anhang) der Stufe 0 zugeordnet und hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

### **Beurteilung zum Zentralen Zwischenlager Würenlingen**

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen umfasst mehrere Zwischenlagergebäude,

die Konditionierungsanlage und die Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage). Die Lagerhallen stehen seit 2001 in Betrieb. Ende 2008 befanden sich in der Behälterlagerhalle 31 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchatomkraftwerk Lucens. Die nukleare Sicherheit der Lagergebäude und der sogenannten Heissen Zelle war in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut. In der Plasma-Anlage wurden im Berichtsjahr zwei Kampagnen zur Verbrennung und Einschmelzung von radioaktiven Abfällen durchgeführt. Dabei wurden 1030 Abfallfässer verarbeitet.

### **Beurteilung zum Paul Scherrer Institut und zu den Forschungsreaktoren in Basel und Lausanne**

Die Nuklearanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI), wie der Forschungsreaktor PROTEUS, das Hotlabor, die Sammelstelle für die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie das Bundeszwischenlager, stehen unter der Aufsicht des ENSI.

Die Rückbauarbeiten an den beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR erfolgten aus radiologischer Sicht korrekt. Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS verliefen bewilligungskonform.

In den Kernanlagen des PSI ereignete sich im Jahr 2008 kein klassiertes Vorkommnis.

Das ENSI beurteilt die nukleare Sicherheit der Kernanlagen des PSI und jene der Hochschulen in Basel und Lausanne in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen als gut. Die Arbeiten werden unter Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften ausgeführt und die Jahreskollektivdosen waren im Berichtsjahr tief.

### **Abgaben radioaktiver Stoffe**

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der Kernkraftwerke, des Zentralen Zwischenlagers, des PSI und der Kernanlagen in Basel und Lausanne lagen im vergangenen Jahr weit unterhalb der in den Bewilligungen festgelegten Limiten. Sie ergaben auch für Personen, welche in direkter Nachbarschaft einer Anlage leben, eine maximale berechnete Dosis von weniger als 1 % der natürlichen jährlichen Strahlenexposition.

## Transporte radioaktiver Stoffe

Auf Grund des zehnjährigen Moratoriums finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. Die Rücklieferungen von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung werden nach zweijährigem Unterbruch im Verlaufe des Jahres 2009 wieder aufgenommen. Bei allen Transporten von Brennelementen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Vorschriften und die Strahlenschutzlimiten eingehalten.

## Geologische Tiefenlagerung

Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager hat die Nagra mögliche Standortgebiete für geologische Tiefenlager für schwach- und mittelak-

tive sowie für hochaktive Abfälle vorgeschlagen. Die sicherheitstechnischen Kriterien, an denen sich diese Auswahl auszurichten hatte, wurden vom ENSI festgelegt. Das ENSI ist verantwortlich für die sicherheitstechnische Beurteilung der von der Nagra eingereichten Vorschläge und hat die Überprüfungsarbeiten in Angriff genommen.

Die mit internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2008 fortgesetzt. Zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich hat das ENSI ein erdwissenschaftliches Experiment durchgeführt. Eine aus dieser Forschung hervorgegangene, vom ENSI finanzierte Doktorarbeit hat interessante Erkenntnisse zum felsmechanischen Verhalten des Opalinustons an der Oberfläche der Tunnelwand gebracht.



Das ENSI informiert jährlich in vier Berichten über seine Tätigkeit und Aufsicht.

# Résumé et aperçu

## De la DSN à l'IFSN

La Division principale de la sécurité des installations nucléaires DSN, est officiellement devenue le 1<sup>er</sup> janvier 2009 l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN. L'IFSN a repris la totalité des tâches et du personnel de la DSN. C'est un établissement de droit public de la Confédération, du troisième cercle de l'administration fédérale, qui dispose d'une indépendance fonctionnelle, institutionnelle et financière. Sa direction doit rendre des comptes au conseil de l'IFSN, sorte de conseil d'administration, opérationnel depuis le début de 2008.

Pour permettre une lecture plus simple, seule l'appellation IFSN (ENSI en allemand) sera utilisée tout au long de ce rapport, même si l'exercice 2008 concerne en fait encore la DSN.

## Les tâches de l'IFSN en général

L'IFSN, comme avant elle la DSN, est l'instance de la Confédération chargée de la surveillance et de l'expertise des installations nucléaires en Suisse, soit les cinq centrales nucléaires, les entrepôts situés dans les centrales, le Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen, ainsi que les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) et des Universités de Bâle et de Lausanne. Les inspections, entretiens de surveillance, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants lui permettent d'acquérir la vue d'ensemble nécessaire quant à la sûreté nucléaire des installations surveillées. L'IFSN veille au respect des prescriptions et à la conformité de la gestion de l'exploitation avec la loi. Ses activités de surveillance s'étendent aussi aux transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires, ainsi qu'aux travaux préparatoires en vue du stockage en couches géologiques profondes des déchets radioactifs. L'IFSN gère sa propre organisation d'urgence dans le cadre d'une organisation d'urgence nationale susceptible d'intervenir en cas d'accident grave dans une installation nucléaire suisse.

La loi sur l'énergie nucléaire (LENu), l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu), la loi sur la radio-

protection (LRaP), l'ordonnance sur la radioprotection (OraP), ainsi que d'autres ordonnances et prescriptions sur la sûreté des réacteurs et la formation du personnel exploitant, sur la protection en cas d'urgence, sur le transport de substances radioactives et sur le stockage en couches géologiques profondes constituent la base légale de la surveillance de l'IFSN. L'IFSN élabore et met à jour ses propres directives en s'appuyant sur ces bases légales. Elle y formule les critères d'après lesquels elle apprécie les activités et les projets des exploitants d'installations nucléaires. Un aperçu des directives de l'IFSN figure au tableau 10 de l'annexe de ce rapport de surveillance. De plus, toutes les directives en vigueur peuvent être consultées sur le site Internet de l'IFSN ([www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)).

L'IFSN donne des informations régulières sur la sûreté nucléaire des installations suisses, tant en ce qui concerne leur fonctionnement normal qu'en cas d'événements particuliers. Elle s'efforce d'offrir au public une information à la fois correcte, rapide et franche. L'IFSN publie ses informations par le biais surtout de ses rapports périodiques, mais aussi par des communiqués de presse, sur Internet, ainsi qu'à l'occasion de diverses manifestations.

## Compte rendu annuel de l'IFSN

Le présent rapport de surveillance fait partie du compte rendu périodique de l'IFSN. L'IFSN publie aussi chaque année un rapport sur la radioprotection, un rapport sur les expériences et la recherche et un rapport d'activités. Ces rapports sont publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Les introductions et les résumés sont traduits en français et en anglais.

Ces rapports peuvent aussi être consultés sur Internet, à l'adresse [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch).

## Contenu du présent rapport

Aux chapitres 1 à 4, l'IFSN décrit essentiellement le déroulement de l'exploitation, les travaux de révision, la radioprotection, l'organisation et la gestion des centrales nucléaires de Beznau 1 et 2, de

Mühleberg, de Gösgen et de Leibstadt. Elle y expose par ailleurs son appréciation de la sûreté de chacune de ces installations.

Le chapitre 5 est consacré au Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen. ZWILAG est chargé du traitement et du stockage des déchets radioactifs provenant des installations nucléaires suisses.

Les chapitres 6 et 7 traitent des activités de surveillance que l'IFSN exerce sur les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer et sur les réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, EPFL.

Le chapitre 8 aborde les transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires suisses. Le chapitre 9 relate le traitement des trois demandes d'autorisation générale remises en 2008 pour de nouvelles centrales nucléaires. Le chapitre 10 donne des informations sur le stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes et le chapitre 11 évoque d'autres aspects de la surveillance nucléaire des installations. Les tableaux et figures en annexe complètent le rapport.

## **Appréciation des centrales nucléaires**

Sur l'ensemble de l'exercice 2008, l'IFSN constate que la sûreté nucléaire des centrales nucléaires de Beznau, Leibstadt et Gösgen est satisfaisante tant au niveau de la conception, qu'à celui de la conduite de l'exploitation, et que les conditions d'exploitation autorisées ont été respectées. Suite aux résultats de l'évaluation systématique de la sûreté, l'IFSN atteste de la sûreté d'exploitation élevée de la centrale nucléaire de Mühleberg. Pour ses appréciations générales, l'IFSN recourt, dans un ordre décroissant, aux catégories suivantes: élevée, bonne, satisfaisante et insatisfaisante. Tous les détenteurs d'autorisations ont respecté en 2008 leurs devoirs de notification et d'obtention de permis d'exécution fixés par la loi face aux autorités de surveillance.

Conformément à ses directives, l'IFSN a classé 8 événements (13 l'année précédente) survenus dans les centrales nucléaires. Quatre d'entre eux se sont produits dans la centrale nucléaire de

Beznau (deux dans chaque tranche), un à Mühleberg, trois à Gösgen et aucun à Leibstadt. Tous ces événements ont été classés au niveau 0 de l'échelle internationale de gravité des événements INES et ont peu compromis la sûreté nucléaire.

## **Appréciation du Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen**

Le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entreposage, l'installation de conditionnement et l'installation plasma (station d'incinération et de fusion). Les halles d'entreposage sont opérationnelles depuis 2001. Fin 2008, la halle des conteneurs abritait 31 conteneurs de transport et d'entreposage avec assemblages combustibles usés et coquilles de verre, ainsi que six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. La sûreté nucléaire des bâtiments de stockage et des cellules chaudes est restée satisfaisante au niveau de la conception ainsi qu'en ce qui concerne l'exploitation.

Deux campagnes d'incinération et de fusion de déchets radioactifs se sont déroulées en 2008 dans l'installation plasma. 1030 fûts de déchets y ont été traités.

## **Appréciation de l'Institut Paul Scherrer et des réacteurs de recherche de Bâle et de Lausanne**

Les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) sont placées sous la surveillance de l'IFSN; il s'agit du réacteur de recherche PROTEUS, du laboratoire chaud, du site de ramassage des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche, ainsi que du dépôt intermédiaire fédéral pour déchets radioactifs.

Les travaux de démantèlement des deux réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR se sont déroulés sans incident radiologique. Les expériences réalisées sur le réacteur de recherche PROTEUS ont eu lieu conformément aux autorisations.

En 2008, aucun événement n'a été notifié dans les installations nucléaires de l'IPS.

*L'IFSN juge la sûreté nucléaire des installations de l'IPS et celle des universités de Bâle et de Lausanne globalement bonne, tant au niveau de la conception, qu'en ce qui concerne le déroulement de l'exploitation. Les travaux y ont été réalisés dans le respect des prescriptions en vigueur pour la radioprotection. En 2008 aussi, les doses collectives annuelles sont restées à un niveau bas.*

### **Rejets de substances radioactives**

*En 2008, les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air d'évacuation des centrales nucléaires, du Centre de stockage intermédiaire ZWILAG, de l'IPS et des installations nucléaires de Bâle et de Lausanne ont enregistré des valeurs largement inférieures aux valeurs limites fixées dans les autorisations. Il en a résulté – également pour les personnes vivant au voisinage immédiat d'une installation – une dose maximale calculée de moins de 1 % de la radioexposition annuelle naturelle.*

### **Transports de matières radioactives**

*En raison du moratoire de dix ans, il n'y aura pas de transport à l'étranger d'assemblages combustibles usés jusqu'en 2016. Les retours de déchets provenant du retraitement reprendront vraisemblablement en 2009, après une interruption*

*de deux ans. Tous ces transports d'assemblages combustibles et de déchets radioactifs se sont déroulés dans le respect des valeurs limites en vigueur en matière de transport de marchandises dangereuses et de protection contre le rayonnement.*

### **Stockage en couches géologiques profondes**

*Dans le cadre du plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes», la Nagra a proposé des régions de site possibles pour des dépôts géologiques profonds de déchets de faible et de moyenne activité, ainsi que de déchets de haute activité. L'IFSN a fixé les critères de sûreté sur lesquels cette sélection s'est fondée. L'IFSN est responsable de l'évaluation de la sûreté des propositions soumises par la Nagra et a entrepris les travaux de contrôle.*

*L'activité de recherche de la Nagra réalisée avec une participation internationale dans les deux laboratoires souterrains du Grimsel (roche cristalline) et du Mont Terri (argiles à Opalinus) s'est poursuivie en 2008. L'IFSN a réalisé une expérience dans le domaine des sciences de la terre, en collaboration avec le département géotechnique de l'EPFZ. Une thèse de doctorat issue de cette recherche et financée par l'IFSN a fourni des résultats intéressants sur le comportement géomécanique des argiles à Opalinus à la surface de la paroi du tunnel.*

# Summary and overview

## **From HSK to ENSI**

On 1<sup>st</sup> January 2009, the former HSK officially became ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate. ENSI has assumed in full both the remit of HSK and its staff. It is an agency of the Swiss Federation constituted under public law with functional, institutional and financial independence. Its management reports to the ENSI Board, a body somewhat similar to a Management Board, which was established at the beginning of 2008.

For reasons of clarity and readability, we have used the term «ENSI» throughout this report even though formally the agency was still HSK during the period under review.

## **General comments on ENSI's Remit**

Acting as the regulatory body of the Swiss Federation, ENSI – as did HSK previously – assesses and monitors nuclear facilities in Switzerland. This includes the five nuclear power plants, the plant-based interim storage facilities, the Central Interim Storage Facility at Würenlingen together with the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the two universities of Basel and Lausanne. ENSI uses a mixture of inspections, regulatory meetings, examinations and analyses as well as reports from individual plant licensees in order to obtain the required overview of the nuclear safety in the facilities that it monitors. It ensures that facilities observe the regulations and that operations comply with the legislative framework. In addition, its regulatory remit includes the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities and preparations for a deep geological repository for radioactive waste. ENSI maintains its own emergency organisation, which is an integral part of the national emergency structure and which would be activated if there were a serious incident in a nuclear facility in Switzerland.

The statutory framework for the regulatory functions of ENSI is as follows: the Nuclear Energy Act (KEG), the Nuclear Energy Ordinance (KEV), the Radiological Protection Act (StSG), the Radiological Protection Ordinance (StSV) together with other ordinances and regulations on reactor sa-

fety, training of operating personnel, organisation of the emergency response to an increase in radioactivity, transport of radioactive materials and the deep geological repository. This statutory framework forms the basis of guidelines compiled and updated by ENSI, which stipulate the criteria by which the plans and activities of the operators of nuclear facilities are evaluated. Table 10 in the Appendix to this report gives an overview of the guidelines and their content. The guidelines are also available on the ENSI website at [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch).

ENSI publishes regular information on nuclear safety in Swiss nuclear facilities. Its responsibilities in this respect cover both normal operations and incidents occurring in nuclear facilities in Switzerland. It seeks to provide the public with accurate, prompt and transparent information, which it makes available to the public, particularly through periodic reporting, media releases, the website and public events.

## **Annual reporting by ENSI**

This Oversight Report is a part of the official system of reporting. ENSI also publishes an annual Radiological Protection Report, a Research and Experience Report and a Management Report. The original language for all reports is German but introductions and summaries are translated into French and English.

After publication, the reports are also available on the ENSI website at [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch).

## **Content of this report**

Chapters 1 to 4 of this Oversight Report deal primarily with the operation, maintenance, radiological protection, organisation and management of the nuclear power plants Beznau 1 and 2, Mühleberg, Gösgen and Leibstadt. They also include an evaluation by ENSI of the safety of individual plants.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen. The role of ZWILAG is to process and store radioactive waste from Swiss nuclear facilities.

Chapters 6 and 7 deal with the surveillance of nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the research reactors at the University of Basel and the Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL). Chapter 8 deals with the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities in Switzerland. Chapter 9 reports on the three applications submitted to date for outline approval for new nuclear power plants. Chapter 10 reports on the preparatory work for the geological repository for radioactive waste and Chapter 11 deals with generic aspects not specific to an individual facility. The appendix contains a range of explanatory tables and diagrams.

### **Assessment of Nuclear Power Plants**

In essence, ENSI found that nuclear safety in 2008 in the nuclear power plants (NPPs) of Beznau, Leibstadt and Gösgen was good in terms of their design and operation. These facilities also complied with their operating licenses. On the basis of the results of a systematic safety review conducted at the Mühleberg NPP, ENSI rated the operating safety of this NPP as «high». In its overall assessments, ENSI uses the following categories in descending order: «high», «good», «satisfactory» and «unsatisfactory». In terms of their dealings with ENSI, all licensees complied in 2008 with statutory reporting requirements and disclosed the information required by law. During the year under review, ENSI recorded a total of 8 incidents (13 in 2007) in NPPs based on its own classification system. They were as follows: 4 incidents in Beznau NPP (2 in each unit), 1 in Mühleberg, 3 in Gösgen and none in Leibstadt. All incidents were rated as Level 0 on the International Nuclear Event Scale INES and had a minimal impact on nuclear safety.

### **Assessment of the Central Interim Storage Facility at Würenlingen**

The Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and the plasma plant (incineration/melting plant). The storage halls have been in use since 2001. At the end of 2008, the cask storage hall contained 31 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages plus 6 casks with decommissioning waste from the experimental nuclear power

plant at Lucens. In terms of their design and operation, the nuclear safety of storage buildings and the so-called hot cell was good.

During the year under review, the plasma plant conducted the process to incinerate and melt radioactive waste on two operations and a total of 1030 drums containing radioactive waste were processed.

### **Assessment of the Paul Scherrer Institute and the research facilities in Basel und Lausanne**

ENSI is also responsible for the surveillance of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI), e.g. the PROTEUS research reactor, the hot laboratory, the collection point for radioactive waste from medicine, industry and research together with the Federal Interim Storage Facility.

Decommissioning work at the two research reactors DIORIT and SAPHIR continued smoothly from the radiological standpoint. Experiments on the PROTEUS research reactor were conducted in accord with the relevant rules and regulations.

There were no classified incidents at PSI nuclear facilities in 2008.

In terms of the design and operation of the PSI nuclear facilities and those at the universities of Basel and Lausanne, ENSI rated overall nuclear safety as good. In the year under review, work was carried out in compliance with regulations on radiological protection and annual collective doses remained low.

### **Release of radioactive materials**

In 2008, the amount of radioactive material released into the environment via waste water and exhaust air from the nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility, the PSI and the nuclear facilities at Basel and Lausanne was considerably less than the limits specified in operating licenses. Analyses showed that the calculated maximum dose, including that for residents in the immediate vicinity of a plant was less than 1 % of the annual exposure to natural radiation.

### **Transport of radioactive materials**

The existence of a 10-year moratorium means that no spent fuel assemblies can be transported abroad

until 2016. The return of waste after reprocessing will resume in 2009 following a 2-year gap. During 2008, all transports of fuel assemblies and radioactive waste were carried out in compliance with the limits specified in the regulations on the transport of hazardous waste and radiological protection.

### **Deep geological repository**

As part of the Master Plan for the deep geological repository, NAGRA has put forward several possible locations for the geological repository for low, medium and high-level waste. ENSI has laid down the safety criteria to be used for the selection of

possible locations and is responsible for the safety assessment of the suggestions submitted by NAGRA. ENSI has already started the necessary review process.

Research by NAGRA with its international partners at the two rock laboratories at Grimsel (crystalline rock) and Mont Terri (Opalinus clay) continued in 2008. In conjunction with the Engineering Geology Department of the Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, ENSI conducted an experiment involving the earth sciences. A doctoral thesis – financed by ENSI and resulting from this research – has provided interesting new information on the rock mechanical behaviour of the Opalinus clay at the surface of the tunnel wall.

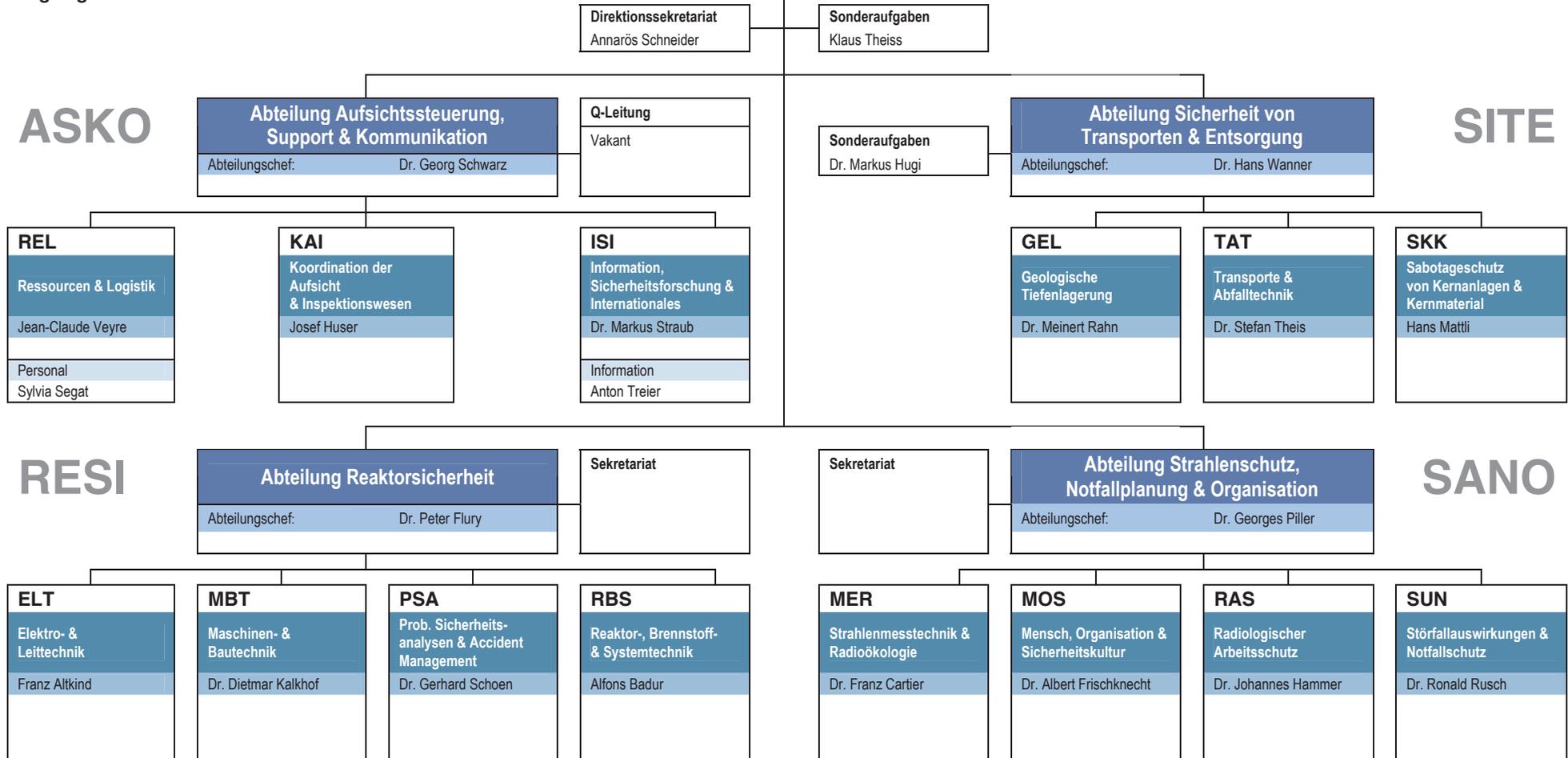
# ENSI

Organigramm

## Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat

Direktor: Dr. Ulrich Schmocker    1. Stv: Dr. Georg Schwarz    2. Stv: Dr. Peter Flury    QMB: Jean-Claude Veyre

Januar 2009





Blick auf das  
Kernkraftwerk Beznau.  
Foto: KKB

# 1. Kernkraftwerk Beznau

## 1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2008 war im Kernkraftwerk Beznau (KKB) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Das ENSI stellt fest, dass das KKB die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKB eine gute Betriebssicherheit.

Das KKB umfasst zwei weitgehend baugleiche Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die in den Jahren 1969 bzw. 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken jeweils 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zusammengestellt. Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Im **Block 1** kam es zu zwei klassierten Vorkommnissen. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Während des Revisionsstillstandes wurden umfangreiche Prüfungen an den Steuerstabdurchführungen am Deckel des Reaktor-druckbehälters durchgeführt. Ausgewählte Schweissnähte von Komponenten und Rohrleitungen wurden mit zerstörungsfreien Prüfmethoden untersucht. Die Resultate zeigen, dass die Komponenten und Schweissnähte in einwandfreiem Zustand sind. Im sekundären, nicht nuklearen Teil wurde an einem der beiden Generatoren der Rotor ausgetauscht. Im **Block 2** kam es ebenfalls zu zwei klassierten Vorkommnissen. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt. Im Anschluss an das Wiederanfahren nach dem Kurzstillstand zum Brennelementwechsel wurde festgestellt, dass bei einer Turbogruppe die Lagertemperatur an zwei Messpunkten höher war als bei früheren Messungen. Gemeinsam mit dem Turbinenlieferanten wurde beschlossen, die betroffene

Turbogruppe am 26. August 2008 für eine Inspektion nochmals abzustellen.

Der Volllastbetrieb wurde im August 2008 durch einen 11-tägigen Kurzstillstand für den Brennelementwechsel unterbrochen. Dabei wurden insbesondere System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage durchgeführt. Als wichtigste Instandsetzungsarbeit wurde ein Regelstab-Antriebsstangengehäuse repariert.

Im Berichtsjahr 2008 sind in beiden Blöcken keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen ebenfalls deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Alters auf einem niedrigen Niveau.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 75 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Fünf Reaktoroperateure und drei Schichtchefs bestanden ihre Zulassungsprüfung, fünf Reaktoroperateur-Anwärter ihre Prüfung der kerntechnischen Grundlagen.

## 1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2008 eine Arbeitsausnutzung<sup>1</sup> von 92,3 % bzw. 95,9 % und eine Zeitverfügbarkeit<sup>2</sup> von 92,7 % bzw. 96,8 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen war.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2008 auf insgesamt 170,4 GWh.

Im **Block 1** dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 26 Tage. Im Berichtsjahr kam es zu einer ungeplanten Reaktorschnellabschaltung (siehe unten).

Im **Block 2** dauerte der Revisionsstillstand 11 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Im Berichtsjahr kam es zu einer ungeplanten Reak-

torschnellabschaltung und einer manuellen Turbinenabschaltung (siehe unten).

Im **Block 1** ereigneten sich 2008 zwei Vorkommnisse, welche vom ENSI gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Beide Vorkommnisse wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt:

■ Bei der Überprüfung der Betriebsbereitschaft startete am 15. März 2008 die eine von zwei redundanten Borsäurepumpen nicht. Die anschliessende Fehlersuche ergab keinen Hinweis auf die Ausfallursache. Bei der Wiederholung des Startbefehls lief die Pumpe ordnungsgemäss an. Die zweite Borsäurepumpe war betriebsbereit. Die Borsäurepumpen sind Bestandteil des Systems zur Notborierung. Dieses System hat die Aufgabe, bei Reaktivitätsstörfällen die Borkonzentration im Hauptkühlmittel so zu erhöhen, dass die Unterkritikalität des Reaktorkerns sichergestellt ist. Als präventive Massnahmen wurden in beiden Blöcken die für die Ansteuerung und elektrische Versorgung der Borsäurepumpen benötigten Komponenten einer Überprüfung unterzogen. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses ist gering.

■ Beim Anfahren nach dem Revisionsstillstand kam es am 3. Juli 2008 bei einer Reaktorleistung von 26 % zu einer Reduktion und dann zum Stopp des Kühlwasserdurchflusses durch einen Kondensator. Damit war die Kondensation des aus der Turbine ausströmenden Dampfes nicht mehr möglich. Die betroffene Turbine wurde automatisch abgeschaltet. Weil zu diesem Zeitpunkt des Anfahrens erst eine der beiden Turbinen in Betrieb war, löste deren Abschaltung auch eine automatische Reaktorschnellabschaltung aus, welche auslegungsgemäss verlief. Gemäss aktuellem Stand der Abklärungen waren die Stauklappen beim Kühlwasserauslauf in einer zu tiefen Position. Dadurch kann Luft in den Kondensator angesaugt werden und die Siphonwirkung unterbrechen. Als Massnahme wird die vor drei Jahren neu eingeführte Betriebsweise der Stauklappen im Kühlwasserauslauf im nächsten Revisionsstillstand überprüft. Die sicherheitstechnische Bedeutung des Ereignisses ist gering.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

■ Am 30. Januar 2008 konnte bei einer Funktionsprüfung des primären Nebenkühlwasser-Systems der Druckschieber einer Pumpe nicht geschlossen werden. Die Inspektion zeigte eine abgenutzte Spindelkupplung. Die Verfügbarkeit

<sup>1</sup>Arbeitsausnutzung: Produzierte Energie bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

<sup>2</sup>Zeitverfügbarkeit: Zeitanteil, in dem das Werk im Kalenderjahr im Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand war.



Blick ins Maschinenhaus. Im Vordergrund (rot) einer der vier Generatoren. Foto: KKB

dieses Pumpenstranges war dadurch nicht beeinträchtigt, da der Schieber im Betrieb immer offen ist und nur bei einer Reparatur der Pumpe geschlossen werden muss.

- Am 27. Februar 2008 wurde anlässlich des monatlichen Probelaufes an einer von drei Sicherheits-Einspeisepumpen eine Gleitring-Dichtungsleckage festgestellt. Die Pumpe wäre im Anforderungsfalle verfügbar gewesen. Die defekte Gleitringdichtung wurde umgehend ersetzt und die Betriebsbereitschaft der Pumpe mit einem Probelauf nachgewiesen.
- Am 19. Mai 2008 löste bei der monatlichen Funktionskontrolle der Reaktortripschalter ein zur Prüfung des Tripschalters benötigter paralleler Prüfschalter verzögert aus. Ursache war eine zu grosse Menge alten Fettes im Schalter. Umgehend wurden alle Schalter überprüft, gereinigt und erfolgreich einer Funktionskontrolle unterzogen. Die Auslösung der Reaktortripschalter hätte im Anforderungsfalle unverzögert funktioniert.
- Am 6. Juni 2008, kurz vor dem Abfahren zur Revisionsabstellung, wurde eine Turbogruppe durch eine Schutzauslösung der Wellenschwingsüberwachung unerwartet abgeschaltet. Die Anlage wurde auslegungsgemäss bei ca. 25 % Reaktorleistung im Einmaschinenbetrieb

durch Einfahren der Regelstäbe automatisch stabilisiert und weiter abgefahren. Erste Untersuchungen haben als wahrscheinliche Störungsursache ein Fehlverhalten von Einlassventilen ergeben. Diese wurden revidiert, und weitere Untersuchungen wurden geplant.

- Am 12. Juli 2008 wurde die Anlage nach dem Revisionsstillstand während des Wiederanfahrens nochmals abgefahren, um an den beiden Speisewasser-Regelventilen eine leichte Dampfleckage zu beheben. Die Nachpackung der Spindeldichtung an den beiden Regelventilen hatte einen Betriebsunterbruch von sechs Stunden zur Folge.

Im **Block 2** ereigneten sich in diesem Jahr zwei Vorkommnisse der Klasse B gemäss Richtlinie R-15 und der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES:

- Am 31. Januar 2008 führte der Ausfall eines Bauteils der programmierbaren Steuerung eines unterbrechungsfreien Stromversorgungssystems (USV) zum Ausfall einer von vier Schienen der gesicherten Wechselstromversorgung. Dadurch fielen im Hauptkommandoraum Anzeigeeinstrumente aus, welche sich auf den nicht-nuklearen Sekundärkreislauf bezogen. Zudem wurden einige Messumformer des nicht nuklearen Sekundärkreislaufs nicht mehr mit Spannung versorgt,

wodurch Signale ausfielen, die zur Regelung der Reaktorleistung benötigt werden. Dies führte zu einer automatischen Reduktion der Reaktorleistung. Das Betriebspersonal reduzierte deshalb auch die Turbinenleistung, wobei es auf Grund der unvollständigen Anzeigeeinformation nicht verhindern konnte, dass automatisch Frischdampf abgeblasen wurde. Das Betriebspersonal löste vorsorglich eine Schnellabschaltung des Reaktors aus und stabilisierte die Anlage im Zustand «heiss abgestellt». Durch eine manuelle Umschaltung wurde die spannungslose Schiene wieder unter Spannung gesetzt. Die defekte Elektronikarte wurde lokalisiert und ersetzt. Nachdem die erforderlichen Tests erfolgreich durchgeführt worden waren, konnte die Anlage gleichentags den Leistungsbetrieb wieder aufnehmen. Sämtliche Sicherheitsfunktionen waren durch redundante Anspeisung über mehrere Schienen der gesicherten Wechselstromversor-

Abheben des Deckels des Reaktordruckbehälters.  
Foto: KKB



gung jederzeit verfügbar. Die ausgefallene Elektronikarte wurde dem Hersteller zur Abklärung des Fehlers übergeben.

Die Ursachenabklärungen lokalisierten den Fehler in einer defekten elektronischen Baugruppe. Zur Ermittlung der Störungsursache wurden diverse Versuche beim Lieferanten und in Versuchslabors durchgeführt. Die wahrscheinlichste Ursache war vibrationsbedingte Reibkorrosion. Dadurch baute sich eine Oxidationsschicht zwischen den Prozessorkontakten und den Kontakten des Sockels auf. Das KKB hat daher als Präventivmassnahme die Elektronikarten mit gesteckten Prozessoren bei den restlichen sieben USVs ausgetauscht, drei im Block 2 und vier im Block 1. Zusätzlich werden Massnahmen getroffen, um das Auftreten vibrationsbedingter Reibkorrosion in Zukunft zu verhindern.

- Am 10. April 2008 stellte das Betriebspersonal bei einem Kontrollgang im nicht-nuklearen Teil der Anlage bei einer Hochdruckturbine eine Leckage am Kraftölsystem fest. Der Schichtchef entschied, die betroffene Turbinen-Generator-Gruppe vorsorglich manuell abzuschalten. Zur Sicherstellung des Brandschutzes und zum Auffangen des ausgelaufenen Öls wurde die Werksfeuerwehr aufgebeten. Nach dem Abschalten der Turbinen-Generator-Gruppe konnte die Leckage gestoppt werden. Das ausgelaufene Öl – maximal 50 Liter – wurde vollständig aufgefangen. Es ist kein Öl in die Umwelt gelangt. Ursache der Ölleckage war ein Riss in einer Schweissnaht an einer Leitung des Kraftölsystems. Spezialisten untersuchten alle Schweissnähte der Leitung mittels Farbeindringprüfung auf Risse. Die schadhaften Stellen wurden repariert. Nach Abschluss der Reparatur- und Reinigungsarbeiten wurde die betroffene Turbinen-Generator-Gruppe am 11. April 2008 wieder mit dem Netz synchronisiert. Die reparierte Leitung wurde verstärkt überwacht, bis das betroffene Leitungstück im Revisionsstillstand durch ein konstruktiv verbessertes ersetzt werden konnte.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

- Am 28. Februar 2008 war wegen eines fehlerhaften Schutzrelais im für die Notstromversorgung des KKW Beznau genutzten benachbarten Wasserkraftwerk die Reserveanspeisung einer Notstromschiene nicht verfügbar, wobei diese Schiene durch die Normalschiene mit Spannung

versorgt war. Gemäss der Technischen Spezifikation musste als kompensatorische Massnahme die Verfügbarkeit des Notstanddiesels mittels Probelauf nachgewiesen werden. Dieser Test verlief erfolgreich. Die Fehlerursache konnte zunächst provisorisch und im Revisionsstillstand definitiv behoben werden.

- Am 4. April 2008 wurde bei der Durchführung des monatlichen Probelaufs der Hilfsspeisewasser-Pumpe der Ausfall des Magnetventils der Kühlwasserversorgung der Stopfbuchsbrille festgestellt. Dadurch war deren Kühlung, nicht aber die Kühlung der Stopfbuchsen-Packungspartie, ausgefallen. Die Pumpe wurde vorsorglich abgestellt, freigeschaltet und die Reparatur eingeleitet. Die Reparatur dauerte rund 80 Stunden. Auch ohne Stopfbuchsbrillen-Kühlung wäre die Hilfsspeisewasserpumpe betriebsfähig gewesen.
- Am Abend des 13. November 2008 wurde beim periodischen Maschinenhaus-Rundgang vom Betriebspersonals eine Dampfleckage an einem Flansch unterhalb der Hochdruckturbine einer Turbogruppe festgestellt. Um eine mögliche Vergrösserung der Leckage zu verhindern, wurde noch in der Nacht die Turbogruppe zur Reparatur der Flanschleckage abgefahren. Nach erfolgtem Dichtungsersatz konnte die Turbine ohne Probleme angefahren und belastet werden.

## 1.3 Anlagetechnik

### 1.3.1 Revisionsarbeiten

Im Revisionsstillstand des **Blocks 1** vom 6. Juni bis 2. Juli 2008 wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden zahlreiche Anlagenänderungen vorgenommen (siehe dazu Kap. 1.3.2).

Nachfolgend sind die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen an Behältern und Wärmetauschern, Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen und ihren Abstützungen aufgeführt:

- Alle 36 Steuerstabdurchführungen am Deckel des Reaktordruckbehälters wurden geprüft. Sie wurden von der Innenseite aus mechanisiert mit Wirbelstrom und Ultraschall auf axial- und um-

fangsorientierte Spannungsrisskorrosion sowie auf Leckagekanäle des Schrumpfsitzes hin geprüft. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit vorangegangenen Prüfungen. Zwei damals festgestellte Anzeigen konnten gut reproduziert werden; sie haben sich nicht verändert. Neue Anzeigen wurden nicht festgestellt.

Erstmalig wurden die Mischnähte zwischen der Deckeldurchführung und dem Flansch geprüft. An den sieben Durchführungen ohne Wärmeschutzrohr erfolgten mechanisierte Wirbelstromprüfungen mit einer Rotiersonde von der Innenseite der Durchführung aus. Bei der Prüfung wurde jedoch festgestellt, dass der Durchmesser der Durchführung grösser war als angenommen. Dies konnte durch die Prüfeinrichtung nicht ausgeglichen werden. Die Prüfergebnisse konnten vom ENSI deshalb nicht anerkannt werden. Die Prüfung muss in angemessener Zeit mit einem qualifizierten Prüfsystem wiederholt werden.

- An ausgewählten Schweissnähten der Dampferzeuger, der Hauptkühlmittel-Leitungen, der Druckhalter-Entgasungsleitung, der Sprühleitungen, der Sicherheits-Einspeiseleitungen, der Frischdampfleitungen und der Rohrleitungen des Volumenregelsystems wurden Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen durchgeführt. Es wurden keine Befunde festgestellt. Bei allen diesen Leitungen fanden auch System- und Komponentenbegehungen statt.

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

Die Thermoelemente der Kernaustrittstemperatur-Messung wurden wie im Vorjahr im Block 2 nun im Block 1 kontrolliert. Dabei wurde festgestellt, dass mehrere Thermoelemente den Anforderungen nicht mehr genügten und deshalb ausgetauscht werden mussten.

**Block 2** wurde vom 12. bis 23. August 2008 vom Netz getrennt und für den Kurzstillstand abgestellt. Er diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich auf die System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Als wichtigste Instandsetzungsarbeit ist ein Regelstab-Antriebsstangengehäuse zu erwähnen. Dabei wurde die schadhafte Lippendicht-Schweissnaht am oberen Abschlussstopfen abgetrennt, der Stopfen

entfernt, ein neuer Abschlussstopfen aufgesetzt und durch eine Schweißnaht gesichert.

Im Rahmen der Wiederholungsprüfungen elektrischer Ausrüstungen wurden alle von der Technischen Spezifikation verlangten wiederkehrenden Funktionskontrollen und Prüfungen an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen erfolgreich durchgeführt.

Nach dem Anfahren der Anlage mussten beide Turbogruppen für Störungsbehebungen jeweils für wenige Stunden nochmals entlastet und vom Netz getrennt werden.

### 1.3.2 Anlagenänderungen

Im **Block 1** wurden folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Zur Minimierung der Korrosionsangriffe an der Stahldruckschale wurde im Ringraum ein kathodischer Korrosionsschutz für die Aussenseite der Stahldruckschale installiert. Dazu wurden für die Verlegung der Anoden Kernbohrungen im Ringraum ausgeführt. Die Anoden wurden verkabelt und die elektrische Anspeisung erstellt. Für die Untersuchung und die Überwachung der Korrosion im Containment sind an vier Orten Sensoreinheiten installiert worden. Über diese Einheiten werden verschiedene Parameter erfasst. Die Installation der Anoden für den Schutz der Innenseite der Stahldruckschale ist in der Revisionsabstellung 2010 geplant.
- Das Probenahme- und Messsystem zur Überwachung der Primärcontainment-Atmosphäre saugt Raumluft über eine Durchdringung an und führt diese über einen Überwachungsmonitor wieder zurück ins Containment. Auf Grund einer PSÜ-Forderung des ENSI wurde dieses System umfangreich ertüchtigt und entspricht nun den Anforderungen.
- Untersuchungen hatten gezeigt, dass für Störfallbedingungen im Containment die Wärmeabfuhr durch die Containment-Umluftkühler und damit die Temperatur auf der Kühlwasserseite dieser Kühler wesentlich grösser als bisher angenommen ist. Das System wurde so verbessert, dass das Verdampfen von Wasser in den Kühlwasserleitungen auch nach einem Störfall sicher ausgeschlossen werden kann.
- Die Entlüftung des Reaktordruckbehälters erfolgt über vier Magnetventile in den Druckhalter-Entlastungstank. Eine Leckage dieser Ventile würde zu einem Anstieg des Füllstandes im Druckhalter-Entlastungstank führen. Um feststellen zu können, ob der Füllstandsanstieg im

Entlastungstank wirklich durch eine Leckage von Entlüftungsventilen verursacht wird, wurde in der Leitung von den Ventilen zum Druckhalter-Entlastungstank ein Schauglas eingebaut.

- Der Ersatz des Hubgerüsts für die Kerneinbauten wurde erfolgreich durchgeführt.

An den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen wurden in diesem Revisionsstillstand zahlreiche Änderungen durchgeführt. Es waren dies unter anderem:

- Anpassungen von Hardware und Software des Reaktorschutz- und Regelsystems
- der alterungsbedingte Ersatz der 120-V- und 26-V-Batterien im Notstandsgebäude
- der Einbau einer Diagnoseschnittstelle pro Ventil an den sechs Druckhalter-Sicherheits- und Isolierventilen
- der Ersatz des Generatorrotors einer Turbogruppe
- der Ersatz aller Spannungswandler in der Hochstromschiene.

Im **Block 2** wurden folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Beim neuen Hubgerüst für die Kerneinbauten waren noch einige Restarbeiten zur Verbesserung der Arbeitssicherheit auszuführen.
- Bei der Erneuerung der Nebenanlagen wurden einige Restarbeiten beendet.
- Auf Grund der Netzstörung im Jahre 2006 wurde zur Verbesserung des Betriebsverhaltens der Turbogruppen bei Netztransienten in beiden Blöcken eine Leistungsbegrenzung realisiert.

Die geänderten Systeme respektive Komponenten wurden vor dem Wiederanfahren der Anlage durch entsprechende Inbetriebsetzungs-Programme und im Rahmen der integralen Funktionsprüfungen getestet. Sie funktionierten einwandfrei.

In den Fällen, in denen die Kernenergieverordnung dies verlangt, hat das ENSI diese Änderungen freigegeben. Es hat zudem deren Durchführung im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit verfolgt und sich von der korrekten Umsetzung überzeugt.

### 1.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Bei beiden Blöcken gab es im Berichtszeitraum keine Defekte an Brennelementen, so dass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Während des Revisionsstillstandes im Block 1 wurden dem Kern 20 neue Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem angereichertem Uran (WAU-

Brennelemente) zugeladen. Der Reaktorkern des Blocks 1 enthält im 37. Betriebszyklus (2008/2009) 17 Uran-, 88 WAU- und 16 Uran-Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente). Während des Brennelementwechsels im Block 2 wurden 20 Brennelemente durch neue WAU-Brennelemente ersetzt. Der Reaktorkern des Blocks 2 enthält im 35. Betriebszyklus (2008/2009) 21 Uran-, 76 WAU- und 24 MOX-Brennelemente. Das ENSI hat sich anhand von Protokollen davon überzeugt, dass der Betreiber in beiden Blöcken neue Brennelemente eingesetzt hat, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Das Verhalten der Steuerstäbe gab keinen Anlass zu Beanstandungen.

Im Berichtszeitraum sind die Reaktorkerne beider Blöcke auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keinen Verletzungen von Betriebsgrenzwerten.

## 1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2008 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	439 Pers.-mSv	63 Pers.-mSv	502 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	53 Pers.-mSv	56 Pers.-mSv	109 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	492 Pers.-mSv	119 Pers.-mSv	611 Pers.-mSv

Die akkumulierte Jahreskollektivdosis in beiden Blöcken ist etwa gleich wie in den Vorjahren. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,9 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Die Arbeiten bei der Revisionsabstellung im **Block 1** führten zu einer Kollektivdosis von 439 Pers.-mSv. Wegen einer nicht optimal verlaufenen Abfahrreinigung, die stellenweise bis zu 70% höhere Dosisleistungen als erwartet an Komponenten des Primärkreislaufs ergab und zu entsprechend höheren Ortsdosisleistungen im Sicherheitsgebäude führte, wurde der Planwert von 332 Pers.-mSv um rund 30% überschritten. Das KKB hat nach Aufforde-



Dampfleitungen im Maschinenhaus.  
Foto: KKB

rung durch das ENSI die Situation analysiert und wird Massnahmen ergreifen. Die höheren Ortsdosisleistungen in der Anlage führten dank des strahlenschutzbewussten Verhaltens des Instandhaltungspersonals und dem pflichtbewussten Einsatz des Strahlenschutzpersonals zu keinen höheren Individualdosen für das Eigen- und Fremdpersonal.

Im **Block 2** wurde im Berichtsjahr ein geplanter Brennelementwechsel durchgeführt. Die Kollektivdosis des Personals für den Brennelementwechsel wurde mit 89 Pers.-mSv geplant. Nachdem eine dosisintensive Reparaturarbeit effizienter als erwartet durchgeführt werden konnte, wurden aber nur 63 Pers.-mSv akkumuliert. Der Brennelementwechsel des Jahres 2008 zählt damit zu denen mit der niedrigsten Kollektivdosis.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war während des Leistungsbetriebs und für die Revisionsstillstände ausreichend, um die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass in den Anlagen des KKB ein konsequenter Strahlenschutz betrieben wird, der auch adäquat auf unvorhergesehene, radiologisch anspruchsvolle Situationen reagiert.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen rund 17 % des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnete das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen weniger als 0,001 mSv für Erwachsene und 0,0014 mSv für Kleinkinder und lagen somit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten keine nennenswerte Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKB wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage genau wird auf den Strahlenschutzbericht 2008 des ENSI verwiesen.

## 1.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKB regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüst-

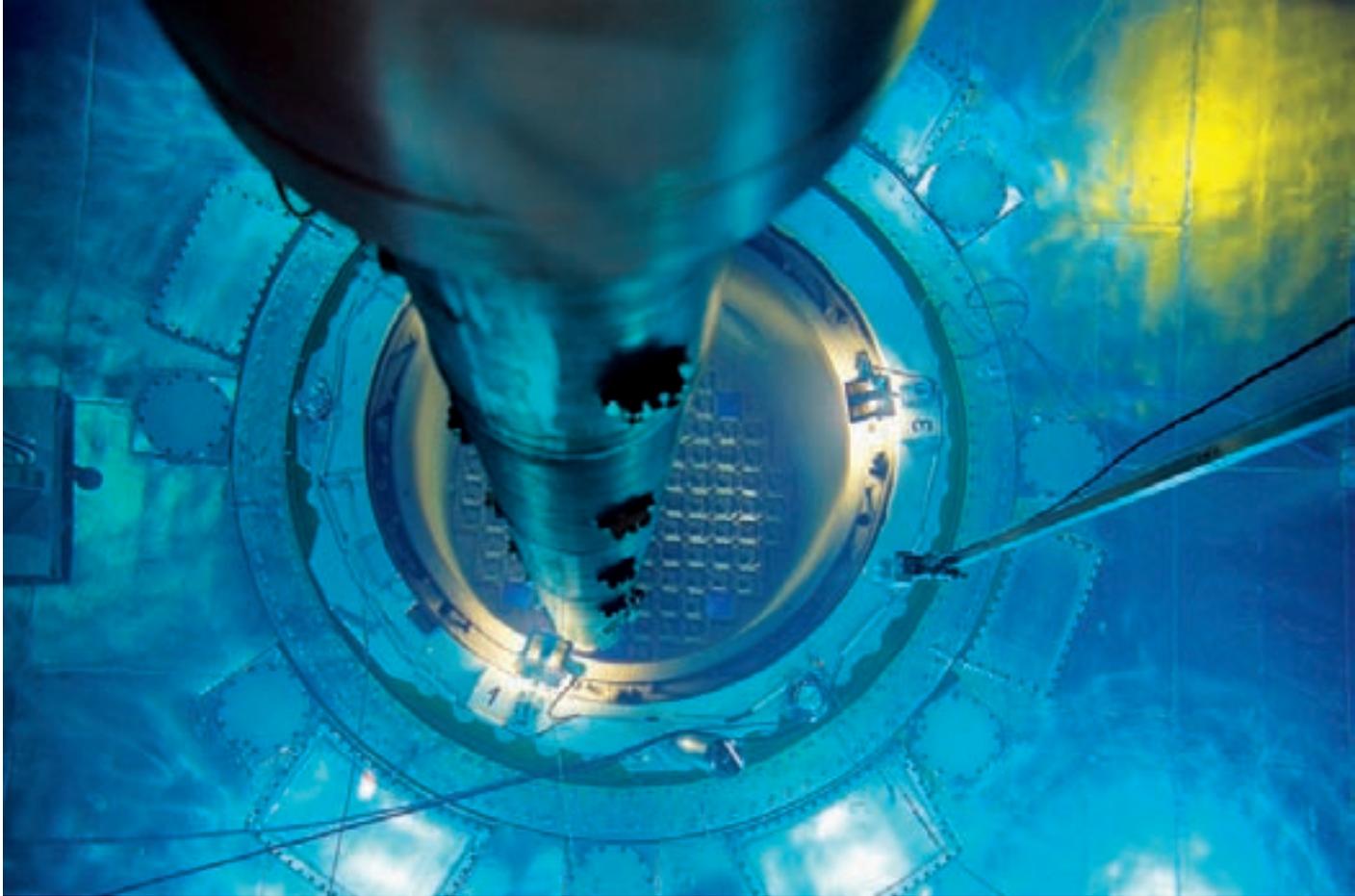
massnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 21 m<sup>3</sup> dank einer besseren Ausnützung der Packungsdichte geringer als im Vorjahr. Die angefallene Menge Schlamm liegt dagegen um 45 % über dem Fünfjahresmittelwert. Diese Zunahme ist auf das grössere Abwasservolumen wegen des stark erhöhten Durchflusses an der hydrostatischen Dichtung einer Reaktorhauptpumpe im Block 2 zurückzuführen.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle bestehen mit wenigen Ausnahmen aus verbrauchten Ionenaustauscherharzen sowie aus brenn- und schmelzbaren Abfällen; sie sind in dafür vorgesehenen Sammelbehältern und Räumlichkeiten der kontrollierten Zone (Nebenanlagengebäude, ZWIBEZ) aufbewahrt. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen liegt im KKB mit 116 m<sup>3</sup> unter dem Fünfjahresmittelwert und ist angesichts der Tatsache, dass es sich hier um einen Standort mit zwei Reaktoren handelt, als niedrig einzustufen.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Ionenaustauscherharze und Schlämme konditioniert. Hinsichtlich der Abfallgebindetypen erteilte das ENSI im Berichtsjahr eine Genehmigung für die Nachdokumentation von 4 nicht mehr produzierten Typen und für die Herstellung von 4 neuen Typen.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Lager des ZWIBEZ) eingelagert. Die radioaktiven Abfälle des KKB sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Mit dem Projekt ZWABEL (Zwischenlagerausbau Behälterlager) hat das KKB einen Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennele-



**Wechsel der Brennelemente.**  
Foto: KKB

menten vorbereitet. Das ENSI hat Ende Februar 2008 die Freigabe für einen aktiven Probebetrieb des Behälterlagers erteilt, worauf im April 2008 der erste Transport- und Lagerbehälter mit 37 abgebrannten Brennelementen aus dem Block 2 eingelagert wurde. Hierbei wurden, begleitet durch Inspektionen des ENSI, die Verfahrensabläufe und Betriebsvorschriften auf ihre Praxistauglichkeit überprüft und entsprechende Detailanpassungen vorgenommen. Nach der Prüfung der revidierten Betriebsvorschriften, der Abschlussdokumentation und der Schliessung der letzten Pendenzen erteilte das ENSI am 16. Oktober 2008 die definitive Betriebsfreigabe für das HAA-Lager. Damit wurde das Projekt ZWABEL erfolgreich abgeschlossen. Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 2008 aus dem KKB insgesamt 81,7 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie R-13 freigemessen. Dabei handelte sich zu rund 85 % um metallischen Schrott.

## 1.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKB ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen und einer entsprechenden Auslegung der

Anlage hat das Werk die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Mai 2008 an der Werksnotfallübung GINNA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Es ereignet sich ein Dampferzeugerheizrohrbruch in Verbindung mit einem offen gebliebenen Sicherheitsventil. Beim Versuch, das Sicherheitsventil zu schliessen, ereignen sich zwei Personenunfälle, bei denen Strahlenschutzaspekte zu beachten waren. Mit den durch die Notfallorganisation veranlassten und mit der Notfallorganisation des Herstellers abgestimmten Massnahmen kann die Abgabe von Radioaktivität an die Umgebung minimiert und schliesslich gänzlich unterbunden werden. Die Versorgung und Bergung der Verletzten erfolgt korrekt. Auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden.

Inspektionen haben gezeigt, dass die Abläufe zur Alarmierung der internen Notfallorganisation und zur Orientierung externer Stellen vollständig beschrieben und die Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2008 löste das ENSI im KKB ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

## 1.7 Personal und Organisation

### 1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKB keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Ende 2008 betrug der Personalbestand des KKB 513 (2007: 514) Personen.

Das Sicherheits-Controlling im KKB hat sich weiterentwickelt und etabliert. Der Sicherheitscontroller hat keine operative Funktion, er verfolgt den Kraftwerksalltag durch Teilnahme an Besprechungen, durch Anlagenrundgänge und durch gezielte Hinterfragung und Überprüfung von Prozessen. Er nimmt auch Meldungen von Mitarbeitenden entgegen, welche auch anonym sein können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dokumentiert er in Quartalsberichten, welche er der internen Sicherheitskommission präsentiert und mit dem Kraftwerksleiter und der Geschäftsführung diskutiert.

### 1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKB unter behördlicher Aufsicht die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Ein weiterer angehender Reaktoroperateur, der schon eine schweizerische Technikerschule besucht hatte, bestand unter Aufsicht des ENSI die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der Kraftwerksschule Essen, zwei Ingenieure jene an der Kerntechnischen Kursstätte in Ulm. Diese Ausbildungen ergänzen die schon vorhandenen allgemeinen technischen Kenntnisse mit spezifischen Kenntnissen auf den Gebieten Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Fünf Reaktoroperateure und drei Schichtchefs des KKB legten ihre Zulassungsprüfung unter behördlicher Aufsicht mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal der Abtei-

lung Betrieb des KKB wurde vom ENSI inspiziert. Dabei wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator gelegt, da diese einen wichtigen Beitrag zur Kompetenzerhaltung des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Betriebsituationen und von Störfällen liefert. Das ENSI hat keine Abweichungen gegenüber den Vorgaben festgestellt.

## 1.8 Sicherheitsbewertung

### 1.8.1 Block 1

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2008 beurteilte das ENSI über 120 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
<b>Ziele</b>					
<b>Sicherheits Ebenen</b>	Ebene 1	V	V	A	A
	Ebene 2	N	V	V	N
	Ebene 3	N		A	A
	Ebene 4		N	N	N
	Ebene 5		N	N	N
<b>Barrieren</b>	Integrität der Brennelemente				
	Integrität des Primärkreises		V	N	N
	Integrität des Containments				
<b>ebenen- oder barrieren-übergreifende Bedeutung</b>				V	N

Sicherheitsbewertung 2008 KKB1:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechenden Zellen beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Das ENSI verfolgt aber im Rahmen seiner gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufge-

fürten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 1.1 bis 1.7 ausführlicher behandelt. Jeder Sachverhalt ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Wellenschwingungen an einer Turbinen-Generator-Gruppe führten beim Abfahren der Anlage zur automatischen Abschaltung der betroffenen Turbinen-Generator-Gruppe.

- Der Stopp des Kühlwasserdurchflusses durch einen Kondensator während des Anfahrens der Anlage nach dem Revisionsstillstand löste eine automatische Reaktorschnellabschaltung aus.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Weil das Personal einer Fremdfirma bei der Instandhaltung von Stopfbuchsen der Hauptspeisewasser-Regelventile einen Arbeitsschritt unterlassen hatte, kam es im nicht-radioaktiven Teil der Anlage zu einer leichten Dampfleckage. Deshalb wurde die Anlage vorsorglich zur Reparatur abgefahren.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einer Funktionsprüfung startete eine Borsäurepumpe nicht beim ersten Startbefehl. Bei der Wiederholung des Startbefehls lief sie ordnungsgemäss an.

- Für die Instandsetzung eines defekten Handschiebers musste eine Pumpe des primären Nebenkühlwassersystems kurz ausser Betrieb genommen werden.

- An einer Sicherheits-Einspeisepumpe trat eine Gleitring-Dichtungsleckage auf.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei der Instandhaltung von Schaltern, die für die Prüfung des Auslösemechanismus der Reaktorschnellabschaltfunktion verwendet werden, war zu einem früheren Zeitpunkt zu viel Fett aufgetragen worden. Dadurch funktionierte einer dieser Schalter bei einer Prüfung zu langsam. Die Reaktorschnellabschaltfunktion war aber jederzeit verfügbar.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

Bewertungsgegenstand \ Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Kontrolle der Reaktivität	N		A	A
Kühlung der Brennelemente	N	V	A	A
Einschluss radioaktiver Stoffe		V	V	V
Begrenzung der Strahlenexposition	V	V	V	V
schutzzielübergreifende Bedeutung	N	N	A	N

Sicherheitsbewertung 2008 KKB1:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

### 1.8.2 Block 2

Im Jahr 2008 beurteilte das ENSI über 100 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit (einschliesslich für beide Blöcke relevante Beurteilungen). Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungsgegenstand \ Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ebene 1	V	V	A	V
Ebene 2	N	V	A	N
Ebene 3	N		A	N
Ebene 4		N	N	N
Ebene 5		N	N	N
Integrität der Brennelemente			N	
Integrität des Primärkreises			N	N
Integrität des Containments				
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			A	N

Sicherheitsbewertung 2008 KKB2:

Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der Ausfall eines Bauteils der programmierbaren Steuerung eines unterbrechungsfreien Stromversorgungs-Systems führte zum Ausfall einer von vier Schienen der gesicherten Wechselstromversorgung. Da dadurch im Hauptkommandoraum Anzeigeeinstrumente ausfielen, lös-

te das Betriebspersonal vorsorglich eine Schnellabschaltung des Reaktors aus.

- Für die Instandsetzung eines Magnetventils der Kühlwasserversorgung einer Stopfbuchsbrille musste eine Hilfsspeisewasserpumpe vorübergehend ausser Betrieb genommen werden.
- Wegen eines Risses an einer Leitung des zur Turbinenregelung gehörenden Kraftölsystems liefen innerhalb des Maschinenhauses maximal 50 Liter Öl aus. Deshalb musste die betroffene Turbinen-Generator-Gruppe abgeschaltet werden.
- Zur Behebung einer Dampfleckage an einer Flanschverbindung im Bereich der Hochdruck-Turbine wurde eine Turbinen-Generator-Gruppe abgefahren.

Ebene 2, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Ebene 1 genannte Ausfall einer Schiene der gesicherten Wechselstromversorgung hat auch eine Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Ebene 1 genannte Ausfall einer Schiene der gesicherten Wechselstromversorgung hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.
- Die unter Ebene 1 genannte Unverfügbarkeit einer Hilfsspeisewasserpumpe hat auch eine Bedeutung für die Ebene 3.
- Wegen eines fehlerhaften Relais im für die Notstromversorgung des KKW Beznau genutzten benachbarten Wasserkraftwerk war eine Anspeisung einer Notstromschiene nicht verfügbar, wobei diese Schiene dennoch mit Spannung versorgt war.

Ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die unter Ebene 1 genannte Ölleckage im Maschinenhaus war mit einer erhöhten Brandgefahr verbunden, weshalb sie auch eine ebenenübergreifende Bedeutung hat.

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

### 1.8.3 Gesamtbeurteilung

Für das Kernkraftwerk Beznau wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2008 geprägt vom Ausfall einer von vier Schienen der gesicherten Wechselstromversorgung, der mit dem Ausfall von Anzeigeelementen im Hauptkommandoraum verbunden war, von einer Ölleckage im Maschinenhaus und verschiedenen Leckagen und Komponentenfehlern. Diese Schwachstellen lagen alle innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen und betrafen sowohl neuere als auch ältere Komponenten. Es sind keine übergeordneten Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Fehlern zu finden.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** zeigt wenig Abweichungen. Diese betreffen die Arbeitsweise von Instandhaltungspersonal.

Das Risiko des KKB ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKB (siehe Kap. 11.1).

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinarbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstandes gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKB während des Jahres 2008 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Es attestiert dem KKB eine gute Betriebssicherheit.

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität	N		N	N
	Kühlung der Brennelemente	N		A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe		V	N	V
	Begrenzung der Strahlenexposition	V	V	V	V
	schutzzielübergreifende Bedeutung		N	A	N

Sicherheitsbewertung 2008 KKB2: Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge



Blick auf das  
Kernkraftwerk  
Mühleberg.  
Foto: KKM

## 2. Kernkraftwerk Mühleberg

### 2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2008 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen weitgehend ungestörten Vollastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand mit Brennelementwechsel war eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass das KKM die bewilligten Betriebsbedingungen immer eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKM eine hohe Betriebssicherheit.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktor-Anlage mit 355 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden; Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Im Berichtsjahr kam es im KKM zu einem klassierten Vorkommnis, der bereits erwähnten Reaktorschnellabschaltung. Dieses hatte eine geringe Be-

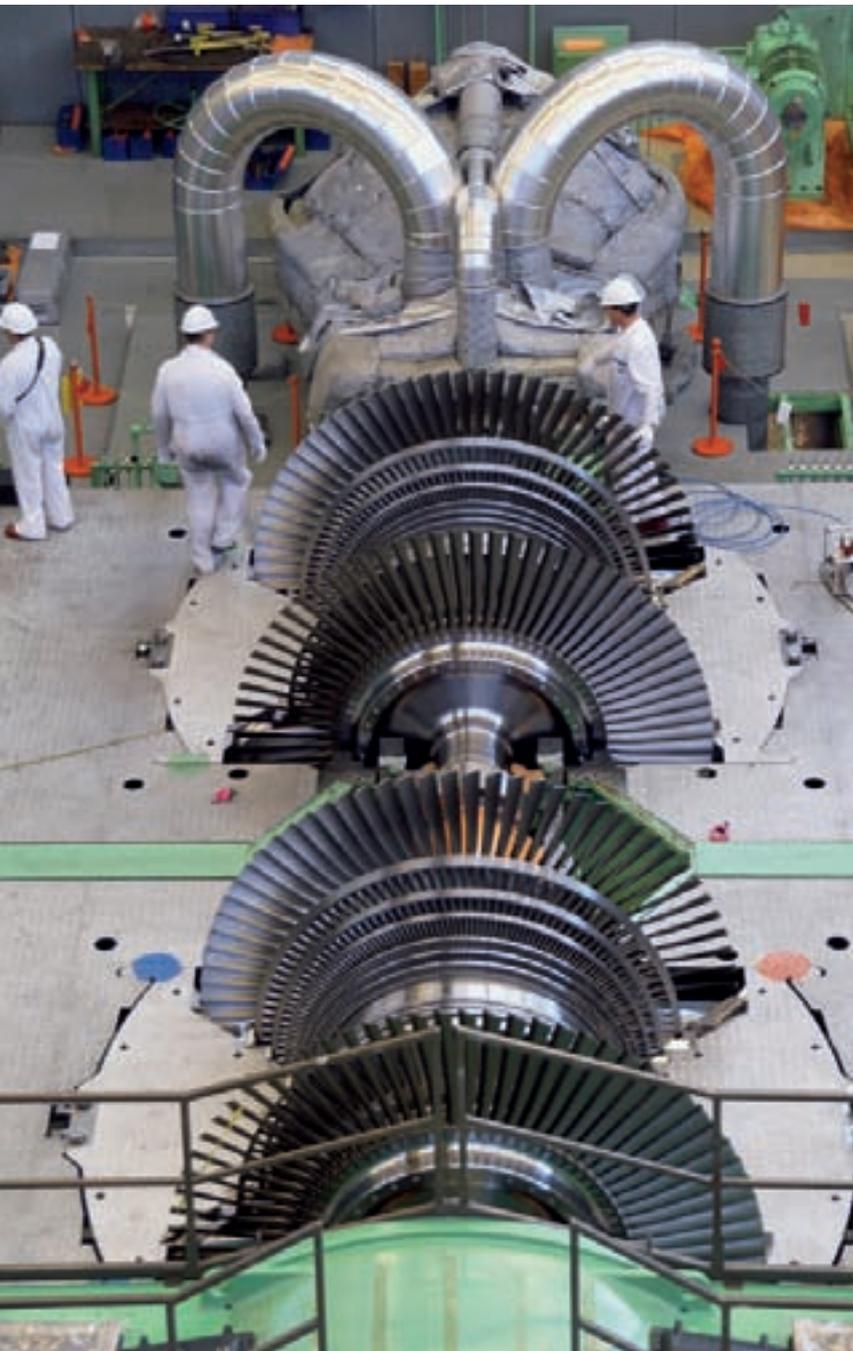
deutung für die nukleare Sicherheit und wurde der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeordnet.

Das ENSI hat im Rahmen seiner Aufsicht 61 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Während des Revisionsstillstands wurden neben dem Brennelementwechsel und den üblichen Revisionsarbeiten umfangreiche Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Dabei wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen. Das KKM setzte zahlreiche Verbesserungen und Modernisierungen im Hinblick auf den Langzeitbetrieb um. Beispiele sind die Erneuerung einer Turbinengruppe und der zugehörigen Hauptkühlwasserpumpe sowie der neue Blocktransformator mit hoher Leistungsreserve.

Im Berichtsjahr sind keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wur-



Arbeiten an einem abgedeckten Turbinenrotor.  
Foto: KKM

de eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen deutlich unterhalb der Grenzwerte und führten nur zu einer unbedeutenden zusätzlichen Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Alters auf einem niedrigen Niveau.

Das KKM hat im Berichtsjahr geringfügige Änderungen an seiner Organisation vorgenommen.

Im Berichtsjahr bestanden acht Reaktoroperateur-Anwärter die Abschlussprüfungen der kerntechnischen Grundlagenbildung. Sie ist eine Voraussetzung für die spätere Reaktoroperateur-Zu-

lassungsprüfung. Zwei Reaktoroperateure, zwei Schichtchefs und ein Pickettingenieur legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab.

## 2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Berichtsjahr eine Arbeitsausnutzung von 91,24 % und eine Zeitverfügbarkeit von 92,44 %. Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt.

Für die Nichtverfügbarkeit der Anlage waren zum grössten Teil der umfangreiche Revisionsstillstand mit Brennstoffwechsel sowie das anschliessende Wiederanfahren bestimmend. Wegen der Reaktorschnellabschaltung im November 2008 war die Anlage für wenige Stunden nicht verfügbar.

Neben geplanten Leistungsabsenkungen zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten war wegen einer Störung des elektrohydraulischen Wandler für die Drehzahlregelung einer der beiden Turbinengruppen eine ungeplante Leistungsreduktion zu verzeichnen. Weitere Leistungsreduktionen waren von der Netzleitstelle vorgegeben oder zur Einhaltung der kantonalen Gebrauchswasserkonzession erforderlich. Diese Anforderung kann bei hoher Wassertemperatur der Aare, wie sie im Juni, Juli und August 2008 infolge heisser Witterung auftrat, nur durch eine Verringerung der Reaktorleistung erfüllt werden.

Die ausgekoppelte thermische Energie für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» belief sich auf 1,7 GWh.

Im Berichtsjahr war **ein Vorkommnis** zu verzeichnen, welches das ENSI gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B und auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zuordnete:

Am 15. November 2008 wurde – wie alle vier Monate – die Verfügbarkeit der Schnellabschaltfunktion geprüft, indem nacheinander die Schnellabschaltfunktion einzelner Steuerstäbe ausgelöst wird. Die Steuerstäbe werden mit Wasser aus dem Primärkreislauf angetrieben. So lange das Auslösesignal nicht manuell zurückgesetzt wird, fliesst das Antriebswasser in einen Auffangbehälter. Weil die Betriebsmannschaft bei einem Steuerstab das Auslösesignal verspätet zurücksetzte, stieg der Füllstand im Auffangbehälter so weit an, dass auslegungsgemäss automatisch eine Reaktorschnellabschaltung ausgelöst wurde. Zur Vermeidung einer Wiederholung des Vorkommnisses wird die

Prüfvorschrift überarbeitet, um das Personal auf die bei Durchführung dieser Prüfung bestehenden zeitlichen Anforderungen hinzuweisen.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

Am 12. Juni 2008 löste eine Störung des elektrohydraulischen Wandlers für die Drehzahlregelung einer der beiden Turbinen-Generator-Gruppen auslegungsgemäss einen Turbinen-Schnellschluss aus. Ebenfalls auslegungsgemäss wurde die Reaktorleistung durch Teilschram und Zurückfahren der Umwälzpumpen-Drehzahl zum Schutz vor Kaltwassertransienten abgesenkt. Bei der Absenkung der Reaktorleistung wurde bei einem Speisewasser-Regelventil eine Stellgliedstörung festgestellt. Diese hatte keinen Einfluss auf die Sicherheit der Anlage, da die Speisewasserversorgung und die Niveauregelung des Reaktorkühlwassers über die sich in Betrieb befindliche zweite Turbinen-Generator-Gruppe sichergestellt war.

Beim Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand fuhr ein Steuerstab beim schrittweisen Ausfahren in zwei Positionen störungsbedingt zwei Schritte auf einmal. Der Steuerstab wurde ganz ausgefahren. In der Folge konnte das Anfahren problemlos fortgesetzt werden. Die Funktion der Reaktorschnellabschaltung war jederzeit gewährleistet. Als Folgemaßnahme werden alle noch nicht ausgetauschten Original-Fahrventile im Jahr 2009 durch neue Fabrikate ersetzt.

## 2.3 Anlagetechnik

### 2.3.1 Revisionsarbeiten

Die Arbeiten für die Jahresrevision begannen am 10. August 2008 und dauerten bis zum 6. September 2008. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel und Brennelementinspektionen, Inspektionen elektrischer und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Schwerpunkte bei den Wiederholungsprüfungen an mechanischen Komponenten waren Ultraschallprüfungen an zwei Stützen des Reaktor-druckbehälters (RDB), visuelle Inspektionen der Kerneinbauten im RDB, Wanddickenmessungen an Rohrleitungen und an der Drywell-Stahl-druck-

schale, die Druckprüfung des RDB sowie die zusätzlich durchgeführte Wiederholungsprüfung an der Kernsprühleitung. Folgende sicherheitsrelevante Arbeiten sind hervorzuheben:

- An zwei Umwälzdruckstützen des RDB wurden die Einschweissnähte erstmals mit Ultraschall geprüft. Aus Strahlenschutzgründen sind am biologischen Schild nur sehr kleine Öffnungen vorhanden, weshalb das Vorgehen bei der Prüfung angepasst werden musste. Die Eignung des angepassten Prüfverfahrens muss nachträglich vom KKM nachgewiesen werden. Bei der Prüfung wurden keine bewertungspflichtigen Anzeigen festgestellt.
- Die Inspektion der Kerneinbauten im RDB mit Kamera zeigte die bereits bekannten geringfügigen Rissanzeigen an den Austrittsöffnungen der Speisewasser-Verteilringe, die auf thermische Wechselbeanspruchung zurückgeführt werden. Die Anzeigen sind auf Grund der geringen Rissgrösse sicherheitstechnisch unbedenklich. Zusätzlich zu dem in der Planung vorgesehenen Zuganker am Kernmantel wurde ein weiterer im Detail visuell geprüft. Dabei wurden keine Befunde festgestellt. Bei den übrigen visuellen Prüfungen der Kerneinbauten, darunter auch eine Kernmantel-Schweissnaht und Teile der Kernsprühleitungen, wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Die nächste Prüfung am nicht druckführenden Kernmantel ist für das Jahr 2009 vorgesehen. Im Rahmen der langjährigen Projekte zum Schutz der Kerneinbauten vor Spannungsrisskorrosion wird die Edelmetalleinspeisung fortgesetzt (vgl. Kap. 2.4).
- An Rohrleitungen des Frischdampf-, Speisewasser- und Kernsprühsystems sowie an der Drywell-Stahl-druckschale wurden Wanddickenmessungen mit Ultraschall ausgeführt. Alle gemessenen Wanddicken lagen über den erforderlichen Mindestwerten.
- Die Wiederholungs-Druckprüfung des RDB erfolgte mit 90 bar. Sie dient als integrale Prüfung vor allem dazu, die Strukturintegrität des Primärkreises abzusichern gegenüber Unsicherheiten in der zerstörungsfreien Prüfung sowie hinsichtlich unerwarteter Alterungsvorgänge. Die Druckprüfung ergab keine Beanstandungen.
- Als zusätzliche Wiederholungsprüfung wurden die bereits aus früheren Messungen bekannten Anzeigen an vier Schweissnähten der Kernsprühleitung innerhalb des RDB mit Ultraschall nachgeprüft. Dabei wurden im Vergleich zu

den Prüfergebnissen im Jahr 2006 keine Veränderungen festgestellt. Die aktualisierten Nachweise ergaben, dass die Funktionstüchtigkeit des Kernsprühsystems für mindestens drei weitere Betriebsperioden ohne Einschränkungen gewährleistet ist. Die nächste Wiederholungsprüfung dieses Systems findet im Jahr 2010 statt. Als Folge der Prüfergebnisse im Jahr 2006 waren Verstärkungselemente zur Sanierung der Schweissnähte entwickelt worden. Auf Grund der aktuellen Prüfergebnisse war deren Montage nicht erforderlich.

Schwerpunkte des diesjährigen Wiederholungs-Prüfprogramms an elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen waren die komponenten- und verfahrenstechnischen Prüfungen der Leittechnik von einer SUSAN-Division sowie von zwei Reaktorschutz-Redundanzen. Bei den Eigenbedarfsanlagen wurden die festgelegten Umschaltmöglichkeiten überprüft. Weiter wurde die erforderliche Kapazität sämtlicher Batterien von zwei Strängen durch Entladung und Wiederaufladung nachgewiesen. Überprüft wurden auch sämtliche Gleich- und Wechselrichter der 24-V und 125-V-Anlagen, der beiden Sicherer Schienen sowie der SUSAN-Redundanzen. Bei den durchgeführten Prüfungen wurden keine unzulässigen Befunde oder Abweichungen festgestellt.

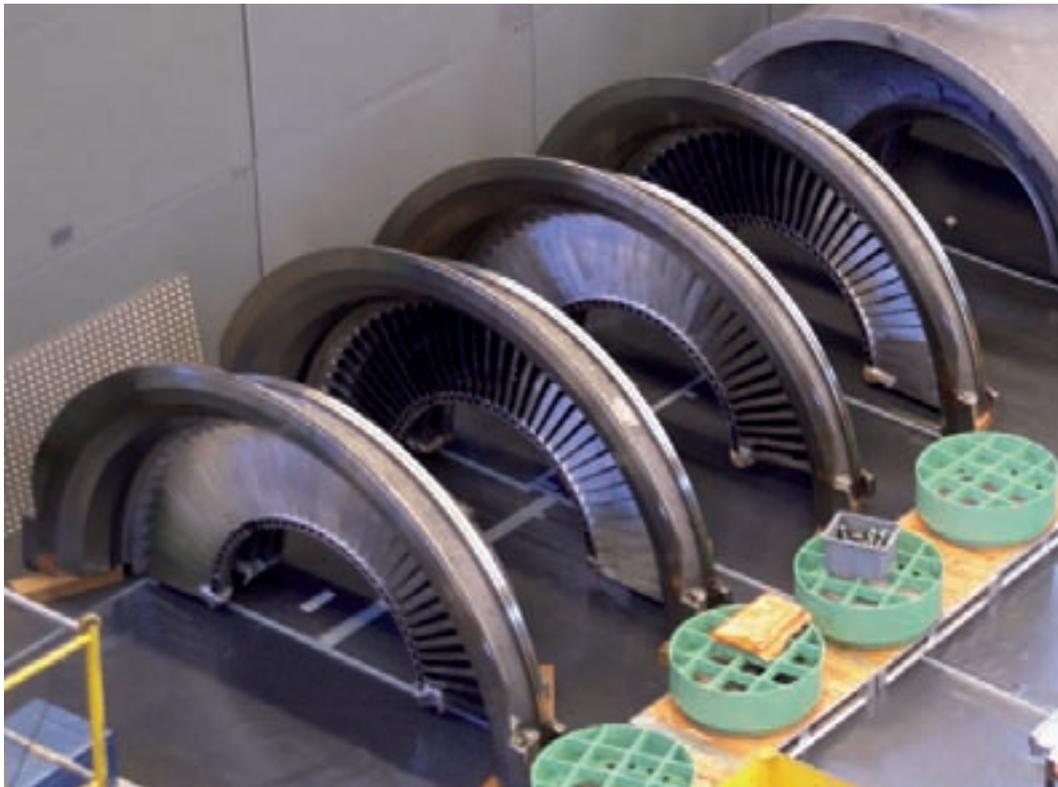
Das ENSI erteilte am 6. September 2008 die Freigabe des Leistungsbetriebs des Reaktorkerns für den 36. Betriebszyklus. Das Wiederanfahren dauerte bis 10. September 2008. Dabei machten neben wiederkehrenden Anfahrtests und Einstellarbeiten die erneuerte Turbinengruppe und das erneuerte zugehörige Hauptkühlwasser-System spezielle Tests erforderlich. Sämtliche Tests verliefen erwartungsgemäss.

Alle Arbeiten wurden mit hoher Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt. Die Prüfungen wurden vom ENSI beaufsichtigt. Der vom ENSI beauftragte Schweizerische Verein für Technische Inspektionen (SVTI) kontrollierte die Instandhaltungsarbeiten an druckführenden Komponenten. Es wurden keine Befunde festgestellt, die einem sicheren Betrieb entgegenstehen würden. Die durchgeführten Prüfungen haben insgesamt den guten Zustand der mechanischen sowie der elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen bestätigt.

### 2.3.2 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr wurden namentlich folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Im nuklearen Teil wurden zwei Sicherheits-Abblaseventile durch solche mit Blenden im Nebenaustritt ersetzt. Damit sind nun alle Sicherheits-Abblaseventile entsprechend nachgerüstet. Im Steuerstab-Antriebssystem wurden Fahrventile durch neue Fabrikate ersetzt.
- Die mehrjährigen Projekte zur Kreislaufoptimierung wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Die Niederdruckturbinen der zweiten Turbinen-Generatorgruppe wurden mit neuen Rotoren, neuer Lauf- und Leitbeschaukelung, neuen Innengehäusen und Schaufelträgern ausgerüstet. Das bessere Verhalten der Turbinengruppe in Bezug auf die Laufruhe und Spannungsrisskorrosion an den Schaufelnuten beeinflusst die Betriebssicherheit positiv. Die entsprechende Hauptkühlwasser-Pumpe erhielt eine neue Pumpenhydraulik und einen drehzahlvariablen Antrieb. Mit diesem Umbau werden künftig geringere Leistungsreduktionen wegen hoher Wassertemperatur der Aare notwendig.
- Der zweite Notstromdieselmotor der SUSAN-Division wurde gegen einen im Herstellerwerk revidierten Motor ausgetauscht, wobei auch die im Alterungsüberwachungs-Programm festgelegten Modernisierungen umgesetzt wurden. Die nach einem 48-stündigen Testlauf durchgeführten Kontrollen haben den einwandfreien Zustand des Aggregates bestätigt. Das KKM verfügt damit über einen Reserve-Notstromdieselmotor. Dadurch kann eine Nichtverfügbarkeit von SUSAN-Notstromdieselanlagen erheblich reduziert werden.
- Für die zweite der beiden Turbinengruppen wurde ein neuer Blocktransformator in Betrieb genommen. Beide Turbinengruppen verfügen damit über neue Blocktransformatoren mit gleichen technischen Daten. Die höhere Leistungsreserve ermöglicht eine höhere Belastung mit Blindleistung. Die geringere Verlustleistung des neuen luftgekühlten Transformators führt zu geringeren Betriebstemperaturen, einem verbesserten Wirkungsgrad und lässt eine höhere Lebensdauer erwarten.
- Im Bereich elektrische und leittechnische Ausrüstungen wurden während der Revision zahlreiche weitere kleinere Anlagenänderungen durchgeführt. Sicherheitstechnisch erwähnenswert sind der Ersatz von Mehrkanalschreibern durch papierlose Modelle bei drei Schreibtafeln im Hauptkommandoraum, die Anzeige der neuen Messung «Reaktorniveau Flutbereich» im Hauptkommandoraum auf einem papier-



Schaufelträger.  
Foto: KKM

losen Schreiber sowie der Ersatz der Druckmessungen für das Reaktorschutzsignal «Druck Maschinenhaus» durch neue Fabrikate.

### 2.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Auf Grund der gemessenen Aktivitätswerte im Reaktorwasser und im Abgas der Turbinenkondensatoren während des Berichtszeitraums konnte auf defektfreie Brennstäbe geschlossen werden. Dies wurde durch die Brennelement-Inspektionen während des Revisionsstillstands 2008 bestätigt. Die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gewährleistet.

Für den Brennstoffzyklus 36 (2008/2009) wurden von den total 240 Brennelementen 36 frische eingesetzt, 28 vom Typ GNF2 und acht vom Typ GE14. Vier der neu eingesetzten GNF2-Brennelemente sind mit einem neuen Fremdkörperfilter ausgestattet. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKM neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Während des Revisionsstillstands wurden neun Brennelemente inspiziert. Schwerpunkte waren der Zustand von GNF2-Brennelementen nach einem Einsatz während drei Brennstoffzyklen und die Auswirkungen der Edelmetalleinspeisung (vgl.

Kap. 2.4) auf die Brennstab-Hüllrohre. Es wurden keine Auffälligkeiten bei den Prüfungen festgestellt. Die Strukturteile der Brennelemente (Abstandhalter, Wasserstäbe, obere und untere Gitterplatten und Fremdkörperfilter) sowie auch die Brennstäbe befanden sich in einem auslegungsgemässen Zustand.

Die im Brennstoffzyklus 35 (2007/2008) gemessenen Borkonzentrationen im Reaktorwasser wiesen auf den guten Zustand der Steuerstäbe hin. Deshalb wurden keine Inspektionen der Steuerstäbe durchgeführt. Es wurden keine Steuerstäbe umgesetzt oder ausgetauscht.

Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keiner Überschreitung von thermischen Betriebsgrenzwerten.

## 2.4 Strahlenschutz

Im Jahr 2008 betrug die akkumulierte Kollektivdosis für das KKM 1130 Pers.-mSv. Die maximale Individualdosis lag mit 10,3 mSv unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv

pro Jahr. Im Berichtszeitraum traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Die Kollektivdosis aller Mitarbeiter im Revisionsstillstand 2008 lag bei 890 Pers.-mSv, der vom KKM vor Beginn der Arbeiten geschätzte Wert lag bei 1030 Pers.-mSv. Dank der schadenfreien Brennelemente war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen auch dieses Jahr günstig. Für die sehr niedrigen gemessenen Werte des radioaktiven Iod-131 war die geplante Unterbrechung der Wasserstoffeinspeisung rund 48 Stunden vor dem Abfahren der Anlage massgebend.

Die zusätzliche Garderobe mit Verbindungskorridor für den direkten Zutritt in die kontrollierte Zone im Maschinenhaus hat sich während den arbeitsintensiven Phasen des Revisionsstillstands wiederum bewährt. Diese temporäre Zutrittsmöglichkeit weist eine moderne Infrastruktur auf und erfüllt alle Anforderungen des operationellen Strahlenschutzes. Zudem führt sie zu einer deutlich verbesserten Situation im Vergleich zum bisherigen Zonenübergang.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im ganzen Betriebsjahr angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Die regelmässig wiederkehrenden und arbeitsbedingten Kontaminationskontrollen der Oberflächen und der Luft bestätigten einen sauberen radiologischen Zustand der kontrollierten Zone des KKM.

Alter und  
(rechts im Bild) neuer  
Blocktransformator.  
Foto: KKM



Das ENSI führte in der Berichtsperiode eine unangemeldete und mehrere angemeldete Inspektionen zum Thema Strahlenschutz durch. In den inspeziierten Bereichen wurden keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt.

Die Edelmetalleinspeisung wurde fortgesetzt. Wie in den vergangenen Jahren wurde zu Beginn des Berichtsjahres eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser eingespeist. Gemeinsam mit der kontinuierlichen Zugabe von Wasserstoff sollen dadurch die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion geschützt werden. Als positiver Nebeneffekt zeigte sich im Revisionsstillstand 2008 eine Verringerung der mittleren Dosisleistung an den Umwälzschleifen, im Vergleich zum Mittelwert des Jahres 2007 um rund 11 % und im Vergleich zum Jahr 2006 um 31 %. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb von den in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerten. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser einschliesslich Tritium. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKM gemeldeten Ergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die berechneten Dosen betragen 0,0042 mSv für Erwachsene und 0,0049 mSv für Kleinkinder und liegen somit deutlich unter dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes in der Umgebung des Werkes (MADUK) zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), welche an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,5 mSv einschliesslich natürlicher Untergrundstrahlung keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen am Zaun des Kraftwerkareals wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 102 Absatz 3 der

Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKM wird auf den Strahlenschutzbericht 2008 des ENSI verwiesen.

## 2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 40 m<sup>3</sup> leicht höher als im Vorjahr, weil Abschirmsteine bestehend aus Beton und Armierungseisen sowie ausgebrochener Bauschutt zu entsorgen waren. Diese Materialien wurden bei der ZWILAG teilweise zur Freimessung, teilweise zur Konditionierung angeliefert. Der Anfall neuer radioaktiver Rohabfälle bewegt sich im internationalen Vergleich mit Anlagen ähnlichen Typs und Alters weiterhin auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKM vorhandenen unkonditionierten Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Ihr Bestand ist mit 73 m<sup>3</sup> gering. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden auch im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen dem ENSI vor. Im Berichtsjahr wurden die anfallenden Betriebsharze mit der Verfestigungsanlage CVRS des KKM in drei Kampagnen konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlin-

gen. Im Berichtsjahr wurden 136 endkonditionierte Gebände dorthin transportiert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden im Jahr 2008 insgesamt 36,5 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie R-13 freigemessen.

Ausgebaute Komponenten aus dem Ersatz der Niederdruckturbinen sowie allgemeine Stahlabfälle wurden für die weitere Verarbeitung, wie andere Teile in den Vorjahren, zu einer ausländischen Schmelzanlage transportiert und dort eingeschmolzen. Bei diesem Verfahren reichern sich die Radionuklide in der Schlacke an, die anschliessend als radioaktiver Abfall in die Schweiz zum KKM zurückgeführt und entsorgt wird. Das verbleibende Metall wird freigemessen. In den Jahren 2007 und 2008 wurden rund 300 t verarbeitet. Das ENSI hatte vorgängig überprüft, dass die für die Freimessung angewendeten Kriterien mindestens gleich streng sind wie diejenigen der Richtlinie R-13.

## 2.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKM ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKM die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Oktober 2008 an der Stabsnotfallübung KETO die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Bei einer Hochwassersituation verstopfen die Einlaufrechen und fallen die Speisewasserpumpen aus. Für die Abfuhr der Nachzerfallswärme wird eines der vier Druckabbauventile geöffnet. Beim Schliessversuch bleibt es offen blockiert. Durch die Störungen bei den Einspeisesystemen kommt es in der Folge zum Abdecken des Reaktorkerns und zu einem grösseren Brennstoffschaden ohne Kernschmelzen. Dadurch gelangt eine grössere Aktivitätsmenge ins Containment. Bedingt durch den tiefen Kühlmittelstand im Re-

aktordruckbehälter und die freigesetzte Aktivität werden die Kriterien für die rasche Alarmierung der Bevölkerung (RABE) erreicht. Nach der Inbetriebnahme einer Pumpe des alternativen Niederdruckeinspeisesystems kann der Kern wieder gekühlt werden. Auf Grund der Übungsbeobachtungen identifizierten das ENSI wie auch das KKM Verbesserungsbedarf beim zeitgerechten Erkennen der RABE-Kriterien. Dennoch kam das ENSI zum Schluss, dass das KKM über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation verfügt.

Inspektionen haben gezeigt, dass die Abläufe zur Alarmierung der internen Notfallorganisation und zur Orientierung externer Stellen vollständig beschrieben und die Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2008 löste das ENSI im KKM ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

## 2.7 Personal und Organisation

### 2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKM nur geringfügige Änderungen an seiner Organisation vorgenommen. Diese betrafen die Schaffung der Fachstelle für Ereignisauswertung, Zerstörungsfreie Materialprüfung und Support Elektrotechnik. Damit trägt das KKM den erhöhten Anforderungen in diesen Fachgebieten Rechnung. Ende 2008 umfasste der Personalbestand 332 Personen (2007: 320).

Das KKM hat im Berichtsjahr ein Aufrechterhaltungsaudit zum Managementsystem erfolgreich bestanden. Die Prüfung umfasste die nach den Normen ISO 9001 (Qualitätsmanagement), ISO 14001 (Umweltmanagement) sowie OHSAS 18001 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) zertifizierten Kernkraftwerksprozesse. Das ENSI betrachtet das Aufrechterhaltungsaudit als Teil der in der Kernenergieverordnung verlangten periodischen Überprüfung des Qualitätsmanagement-Systems durch externe Stellen.

Den Bericht der WANO-Experten, die im Jahr 2006 ein Peer Review im KKM durchführten, hat das Werk analysiert und daraus Verbesserungsmassnahmen abgeleitet. Im Berichtsjahr informierte sich das ENSI über die Umsetzung der Massnahmen, welche im Rahmen der Folgemission im November 2008 von der WANO überprüft worden sind.

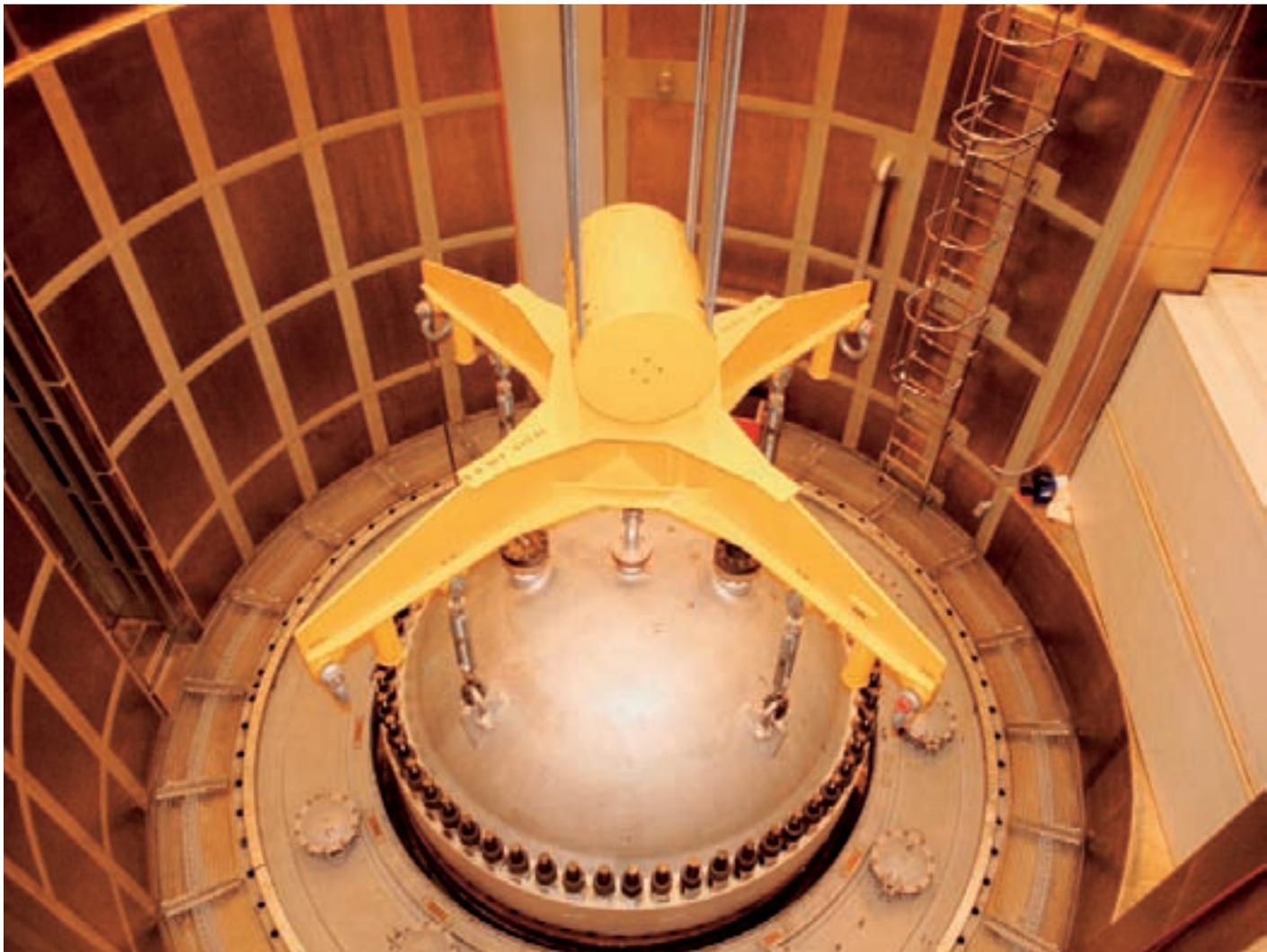
### 2.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden acht Reaktoroperateur-Anwärter des KKM, die schon einen schweizerischen Technikerabschluss oder eine Fachhochschulausbildung besitzen, unter behördlicher Aufsicht die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der kerntechnischen Ausbildungsstätte Ulm. Die Grundlagenausbildung ist gemäss Art. 27 der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Lerninhalte und Lehrpläne der Ausbildungsstätte sind dem ENSI bekannt. Diese Ausbildung ergänzt die schon vorhandenen allgemeinen technischen Kenntnisse mit spezifischen Kenntnissen auf den Gebieten Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Zwei Reaktoroperateure, zwei Schichtchefs und ein Pikettingenieur des KKM legten ihre Zulassungsprüfung unter Aufsicht des ENSI mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und praktischen Teil im Beisein des ENSI. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage bei Betriebs- und Störfällen und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am Anlagesimulator des KKM und besteht in einer Demonstration der Anwendung von Kenntnissen bei wichtigen zukünftigen Tätigkeiten. Beim Pikettingenieur erfolgte die praktische Prüfung im Rahmen einer speziellen Notfallübung. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal der Abteilung Betrieb des KKM wird vom ENSI regelmässig inspiziert. Dieses Jahr wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator gelegt, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Störfällen und Betriebssituationen liefert. Das ENSI hat keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt.

Wichtig für die Durchführung von Funktionsprüfungen, für die Störungsbehebung und für die Umsetzung des Freischalt- bzw. Absicherungsverfahrens ist ein gut ausgeprägtes Sicherheitsbewusstsein. Das ENSI inspizierte die diesbezügliche Aus- und Weiterbildung. Das KKM hat eine für das gesamte Personal geltende Weisung über



Blick auf den aufgesetzten Deckel des Reaktors.  
Foto: KKM

anzuwendende Methoden und Arbeitstechniken zur Vermeidung von Fehlern erstellt. Dabei werden sowohl Techniken vermittelt, die das individuelle Arbeitsverhalten der Mitarbeiter unterstützen wie beispielsweise die Selbstüberwachung STARK (Stop Think Act Review Kommuniziere), als auch Techniken, die auf das Verhalten des gesamten Arbeitsteams ausgerichtet sind. Die Anwendung durch die Mitarbeitenden bei Arbeiten wird entsprechend der Bedeutung für die nukleare Sicherheit von den Vorgesetzten während periodischer Kontrollgänge bewertet.

## 2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Die Abarbeitung der Forderungen aus der «Sicherheitstechnischen Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kernkraftwerks Mühleberg 2005» erfolgt im Wesentlichen termingerecht, ausser bei den Forderungen zur Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA). In diesem Bereich

kommt es auf Grund personeller Engpässe bei den beauftragten internationalen Experten sowie einer zu optimistischen Planung zu Terminverschiebungen, obwohl das KKM überdurchschnittliche Ressourcen in diesem Bereich eingesetzt hat. Im Kapitel 11.1 sind die Arbeiten beschrieben, welche im Bereich PSA durchgeführt wurden.

## 2.9 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2008 beurteilte das ENSI über 130 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekten kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Sicherheits Ebenen	Ebene 1		V	A	N
	Ebene 2			N	N
	Ebene 3			N	A
	Ebene 4		N	N	V
	Ebene 5		N	N	V
Barrieren	Integrität der Brennelemente			N	N
	Integrität des Primärkreises			N	V
	Integrität des Containments		N	N	N
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung			N	N	V

Sicherheitsbewertung 2008 KKM:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechenden Zellen beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Das ENSI verfolgt aber im Rahmen seiner gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 2.1 bis 2.7 ausführlicher behandelt. Jeder Sachverhalt ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine Störung des elektrohydraulischen Wandlers für die Drehzahlregelung einer Turbinen-Generator-Gruppe führte zu deren Abschaltung.
- Beim Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand fuhr ein Steuerstab beim schrittweisen Ausfahren in zwei Positionen störungsbedingt zwei Schritte auf einmal.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei einer periodischen Prüfung der Verfügbarkeit der Schnellabschaltfunktion wurde beim Test eines Steuerstabes das Auslösesignal verspätet zurückgesetzt, was zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung führte.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität			A	A
	Kühlung der Brennelemente		V	V	V
	Einschluss radioaktiver Stoffe		N	N	V
	Begrenzung der Strahlenexposition			N	V
	schutzzielübergreifende Bedeutung		N	A	V

Sicherheitsbewertung 2008 KKM:  
Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Mühleberg zeigt die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2008 sehr wenig Abweichungen.

Dies gilt auch für die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation**.

Das Risiko des KKM ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKM (siehe Kap. 11.1).

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinarbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstandes gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKM während des Jahres 2008 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Auf Grund der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung attestiert das ENSI dem KKM eine hohe Betriebssicherheit. Die Erfüllung der auf Grund der Periodischen Sicherheitsüberprüfung vom ENSI gestellten Forderungen läuft weitgehend termingerecht, mit Ausnahme der Forderungen zur PSA, wo sich Terminverzögerungen ergeben.



Flugaufnahme des Kernkraftwerks Gösgen mit dem neuen Brennelementlagergebäude (links im Bild).  
Foto: Comet

## 3. Kernkraftwerk Gösgen

### 3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2008 zeichnete sich für das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) durch einen ungestörten Volllastbetrieb aus. Das ENSI stellt fest, dass das KKG die bewilligten Betriebsbedingungen zu jedem Zeitpunkt eingehalten hat. Das ENSI bescheinigt dem KKG eine gute Betriebssicherheit.

Das KKG ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktor-Anlage mit 970 MW elektrischer Nettoleistung. Es nahm den Betrieb im Jahre 1979 auf. Weitere technische Daten sind im Anhang in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt; Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktor-Anlage.

Im KKG ereigneten sich im Jahr 2008 insgesamt drei klassierte Vorkommnisse. Ein Vorkommnis betraf einen Hüllrohrschaden, bei dem es zu einer Brennstoffauswaschung kam. Die in der Technischen Spezifikation festgelegte Grenze der maximal zulässigen Iod-131-Aktivität im Kühlmittel

wurde dabei nicht überschritten. Ein anderes Vorkommnis betrifft das Startversagen eines Dieselmotors, der im Rahmen des Revisionsstillstandes zuvor revidiert wurde. Im Dezember 2008 kam es bei der Durchführung von Servicearbeiten zu einem kurzen Spannungsunterbruch in einer Versorgungsschiene. Insgesamt war die Bedeutung aller Ereignisse für die nukleare Sicherheit jedoch gering. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Ereignisskala INES zugeteilt.

Das ENSI führte im Rahmen ihrer Aufsicht 47 Inspektionen durch. Die dabei bewerteten Sachverhalte zeigten, dass der Anlagenzustand und das Verhalten von Mensch und Organisation in Bezug auf die nukleare Sicherheit in den inspizierten Bereichen als gut bewertet werden kann. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungen und kontrollierte deren Umsetzung.

Der Revisionsstillstand war geprägt durch die umfangreichen Arbeiten, sowohl im nuklearen als

auch im nicht-nuklearen Anlagenbereich. Im nuklearen Teil der Anlage erfolgten die Erneuerung des Dichtungssystems der drei Hauptkühlmittelpumpen und zerstörungsfreie Prüfungen aller Heizrohre der Dampferzeuger. Im nicht-nuklearen Anlagenteil sind der Austausch eines Grossteils der Kühlturmeinbauten und der Ersatz aller drei Pole des Blocktransformators und des Reservepols zu erwähnen.

Die Strahlendosen während der gesamten Revisionsdauer und im Verlauf des ganzen Betriebsjahres zeichneten sich wiederum durch eine sehr tiefe Gesamtkollektivdosis aus. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Die dadurch verursachten zusätzlichen Strahlendosen für die Bevölkerung sind verglichen mit der natürlichen Strahlenexposition unbedeutend.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Alters auf einem niedrigen Niveau.

Im April erteilte das ENSI, gestützt auf Ergebnisse der erfolgreich durchgeführten Inbetriebnahmeversuche, die Betriebsfreigabe für das externe Nasslager. Anschliessend wurden die ersten abgebrannten Brennelemente eingelagert.

Zwei Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs bestanden im Beisein des ENSI die jeweilige Zulassungsprüfung. Vier Reaktoroperator-Anwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich.

### 3.2 Betriebsgeschehen

Die Arbeitsausnutzung des KKG betrug im Betriebsjahr 93,8% bei einer Zeitverfügbarkeit von 92,8%. Die Nichtverfügbarkeit der Anlagen war hauptsächlich durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 189,1 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Weitere Betriebsdaten sind in der Tabelle 2 des Anhangs zusammengestellt. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre ist in Figur 1 zusammengefasst.

Im Berichtsjahr 2008 waren drei Vorkommnisse zu verzeichnen, welche vom ENSI gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der in-

ternationalen Ereignisskala INES wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet.

Während des Revisionsstillstands musste am 12. Juni 2008 für den Probelauf einer Pumpe des Nebenkühlwassersystems eine Dieselpumpe in Betrieb genommen werden. Diese Dieselpumpe hatte die Aufgabe, das Aarewasser von der zweiten Kühlwasserfassung zum Nebenkühlwassersystem hochzupumpen. Dabei startete der Dieselmotor nicht. Die Kühlwasserversorgung erfolgte wegen Instandhaltungsarbeiten an der ersten Wasserfassung durch die zweite Wasserfassung. Während das Wasser von der höher gelegenen ersten Wasserfassung durch das natürliche Gefälle zum Nebenkühlwassersystem fliesst, muss es von der tiefer gelegenen zweiten Wasserfassung hochgepumpt werden. Die Wasserversorgung des Nebenkühlwassersystems erfolgte zu diesem Zeitpunkt über eine elektrisch betriebene Pumpe. Eine zweite Dieselpumpe war betriebsbereit. Während des Startversagens war ein Hebel, mit dem sich der Dieselmotor notfalls abstellen lässt (Notabschalt-Hebel), nicht ganz in der Endposition. Nachdem dieser Hebel in die Endposition gebracht worden war, startete der Dieselmotor normal. Weil möglicherweise der Drehzahlregler die falsche Hebelposition verursacht hatte, wurde er präventiv ausgetauscht. Die Ursache des Startversagens konnte nicht mit Bestimmtheit identifiziert werden. Die Kühlung der Brennelemente war jederzeit gewährleistet.

Am 1. Juli 2008, wenige Tage nach dem Anfahren der Anlage zum laufenden 30. Betriebszyklus, zeigten die routinemässig durchgeführten Messungen erhöhte Iod- und Edelgasaktivitäten im Primärkreislauf. Die in den darauf folgenden Tagen durchgeführten Messungen bestätigten, dass ein Schaden an einem Hüllrohr eines Brennstabs vorliegt. Bis Mitte Oktober 2008 hatte sich die Iod-131-Aktivitätskonzentration auf 15% des für den Betrieb der Anlage massgeblichen ersten Grenzwerts der Technischen Spezifikation erhöht, bei dessen Überschreiten die Anlage innerhalb von zwei Wochen abgefahren werden müsste. Die Ende November 2008 gemessene Neptunium-239-Aktivitätskonzentration lässt darauf schliessen, dass bis zu diesem Zeitpunkt Brennstoff im Grammbereich in den Primärkreislauf ausgewaschen worden ist. Diese Aktivität ist im Primärkreislauf der Anlage sicher eingeschlossen. Die Auswaschung von Brennstoff in den Primärkühlkreislauf wird unabhängig von der Menge als Vorkommnis B klassiert. Art und Umfang des Schadens können

erst während des Brennelementwechsels im Revisionsstillstand 2009 ermittelt werden.

Während einer Strangrevision kam es am 11. November 2008 bei der Rückschaltung einer gesicherten Stromschiene zu einem Fehler bei der Abarbeitung einer Arbeitsanweisung. Die gesicherte Schiene, die während der Strangrevision von einem Reserveumformer mit Spannung versorgt wurde, war deshalb für wenige Minuten spannungslos. Die drei anderen redundanten Schienen waren jedoch stets mit Spannung versorgt, so dass sämtliche Sicherheitsfunktionen jederzeit gewährleistet waren.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind zu berichten:

Am 9. April 2008 wurde durch einen im Auftrag des ENSI tätigen Experten des SVTI-N eine Ablagerung im Bereich des Mannlochdeckels eines Druckspeichers des Not- und Nachkühlsystems festgestellt. Ursache war eine kleine Leckage, durch die das im Druckspeicher befindliche borhaltige Wasser austreten konnte. Die betroffene Stelle wurde im Rahmen der Revisionsabstellung durch Prüfungen umfangreich untersucht. Hierbei konnte jedoch keine eindeutige Leckageursache festgestellt werden. Die Funktion des Druckspeichers war nicht beeinträchtigt. Nach dem Wiederanfahren der Anlage konnte keine Leckage mehr festgestellt werden. Das KKG plant dennoch, die betroffene Stelle zu einem späteren Zeitpunkt zu sanieren.

Während der Revisionsarbeiten erfolgte ein Austausch der Dichtungssysteme der drei Hauptkühlmittelpumpen. Beim Zusammenbau der Pumpen wurden am 13. Juni 2008 im Bereich der Gehäusedeckel Risse festgestellt. Das KKG konnte mithilfe von struktur- und bruchmechanischen Berechnungen nachweisen, dass die festgestellten Risse keinen Einfluss auf die Integrität der druckführenden Umschliessung haben.

Bei einem Test der Umschaltung der Einspeisung von einer Notstromschiene auf eine andere und wieder zurück verharrte am 3. Januar 2008 die Anspeisung im umgeschalteten Zustand. Ein gleichartiges Vorkommnis trat am 15. Oktober 2008 auf. Diese Vorkommnisse hatten keine sicherheitstechnische Bedeutung, da die betroffene Notstromschiene in jedem Fall stets mit Strom versorgt war. Die zur Verhinderung weiterer derartiger Vorkommnisse geplante Anlagenänderung wurde dem ENSI zur Freigabe eingereicht.



Einbau des neuen Niederdruckvorwärmers.  
Foto: KKG

Die Umsetzung ist für das Jahr 2009 vorgesehen. Bei einer periodischen Prüfung am 10. Dezember 2008 erfolgte eine Abschaltung eines Notstands-Notstromgenerators. Grund für die Abschaltung war ein fehlerhafter Temperaturmessfühler. Dieser meldete eine erhöhte Lagertemperatur. Eine zweite Messstelle mit örtlicher Temperaturanzeige im gleichen Bereich des Lagers zeigte hingegen eine tiefere Temperatur. Der defekte Sensor wurde ausgetauscht und das Verhalten der Lagertemperatur während eines längeren Probelaufs kontrolliert.

### 3.3 Anlagentechnik

#### 3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstandes vom 31. Mai bis zum 26. Juni 2008 wurden Routinetätigkeiten wie der Brennelementwechsel, zahlreiche zerstörungsfreie Prüfungen, Instandhaltungsarbeiten an mechanischen, elektro- und leittechnischen Ein-

richtungen und Systemen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Einige der im Revisionsstillstand durchgeführten Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt.

- Routinemässig wurden alle Heizrohre der drei Dampferzeuger vollständig überprüft. Die Prüfung ergab keine meldepflichtigen Befunde, der Zustand der Heizrohre entsprach den Erwartungen aus den vergangenen Prüfungen. Ein Grossteil der Tellerfederstopfen, die früher zum Verschliessen von Heizrohren mit verminderter Wanddicke benutzt worden waren, wurden entfernt und durch Schweiss- oder Walzstopfen ersetzt.
- Wie in Kap. 3.2 bereits erwähnt, wurde das Dichtungssystem der drei Hauptkühlmittelpumpen komplett ausgetauscht. Dabei wurde zusätzlich noch die Welle einer Hauptkühlmittelpumpe ersetzt, welche in kleinen Bereichen eine Beschädigung der korrosionsschützenden Beschichtung aufgewiesen hatte.
- Vier Druckspeicher des nuklearen Not- und Nachkühlsystems wurden für innere visuelle Prüfungen geöffnet und inspiziert. Der untere Mannlochstutzen eines weiteren Druckspeichers wurde als Folge einer Kleinstleckage (vgl. Kap. 3.2) einer genaueren Prüfung unterzogen.

Es konnte keine eindeutige Ursache für die Leckage festgestellt werden. Die Kleinstleckage ist sicherheitstechnisch unbedeutend.

- Die erst vor Kurzem im Kühlturm eingebauten Kühlelemente mussten auf Grund ihres schlechten Zustandes gegen neue, widerstandfähigere Elemente ausgetauscht werden. Dabei erfolgte gleichzeitig eine Verstärkung der Tragkonstruktion in den betroffenen Bereichen, da diese ebenfalls durch zu starke Belastungen teilweise beschädigt waren.
- Zwei der drei Niederdruckvorwärmer wurden ausgetauscht. Der Austausch des letzten Niederdruckvorwärmers ist für die Revision 2009 geplant.
- Es wurden insgesamt 132 mechanische Stossbremsen geprüft, wobei 21 ersetzt werden mussten. Der Ersatz mechanischer Stossbremsen ist Teil der normalen Instandhaltung. Die Überprüfung von 102 hydraulischen Stossbremsen war ohne Befund.
- Im Zusammenhang mit der Verwendung von so genannten Hinterschnittankern des Typs HIL-TI-HDA wurden die bereits in der vorletzten Berichtsperiode begonnenen Arbeiten fortgeführt. Dabei wurden die aus der Revisionsabstellung 2007 verbliebenen, noch nicht geänderten Bauwerksinstallationen in einen spezifikationsgerechten Montagezustand überführt.

Das Lagerbecken  
im Inneren des  
Brennelement-  
lagergebäudes,  
gelagert auf Feder-  
und Dämpfergruppen.  
Foto: KKG



- Die bereits in vorherigen Revisionen begonnenen Messungen im Zusammenhang mit möglichen Wanddickenschwächungen durch Erosion an sekundärseitigen Rohrleitungen wurden weitergeführt. Es wurden keine Unterschreitungen der zulässigen Mindestwanddicken festgestellt.
- Alle drei Pole des Blocktransformators wurden ausgetauscht und der Blockschutz erneuert. Anschliessend wurden zur Kontrolle der korrekten Funktion der Schutz- und Meldeeinrichtungen umfangreiche Prüfungen durchgeführt, die erfolgreich verliefen.
- Im Bereich der Starkstromtechnik wurden fünf Verteil- und ein Eigenbedarfs-Transformator ausgetauscht. Weiterhin erfolgte der systematische Austausch der 10-kV-Kabel an insgesamt 22 Verbrauchern.

### 3.3.2 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten Anlagenänderungen ausserhalb des Revisionsstillstandes sind folgende erwähnenswert:

- Die schadhafte Verkleidung eines der Notspeisebecken der Deionat- und Sperrwasserversorgung wurde ausgetauscht. Zusätzlich wurde eine Erdbebenverstärkung an diesem Becken angebracht, die vom ENSI gefordert worden war. Diese Forderung basierte auf den Ergebnissen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) aus dem Jahre 1999.
- Die Kühlwasserleitungen der Notstromdiesel wurden im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten teilweise ersetzt, um sie gegen allfällige Korrosion zu schützen. Wo möglich, wurden die bestehenden Leitungen durch Einbringen von so genannten Kunststoff-Inlinern geschützt. Durch die Installation einer zusätzlichen Kühlwasser-Rücklaufleitung ist es möglich, die Verfügbarkeit des Notstromsystems im Rahmen von Revisionstätigkeiten zu erhöhen.

### 3.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im 29. Betriebszyklus (2007/2008) wiesen erhöhte Aktivitätskonzentrationen im Primärkühlmittel auf Brennstab-Hüllrohrdefekte mit Auswaschung von Brennstoff hin. Die nach dem Abfahren zum Revisionsstillstand durchgeführte Dichtheitsprüfung aller Brennelemente zeigte bei vier Elementen, die drei Einsatzyklen absolviert hatten, jeweils einen defekten Brennstab. Bei zwei Brennelementen konnte die Defekursache ermittelt werden (defekte Abstandhalterfeder), bei den anderen beiden



Das ausgebaute Schwungrad einer Hauptkühlmittelpumpe.  
Foto: KKG

Elementen sind entsprechende Untersuchungen noch im Gange. Der Betreiber legte dar, dass es auf Grund der vorliegenden Erkenntnisse weder Hinweise auf Herstellungsfehler noch auf eine systematische Fehlerursache gibt. Eines der defekten Brennelemente wurde noch während des Revisionsstillstandes repariert und vom ENSI für den Weiter Einsatz im 30. Betriebszyklus freigegeben. Während des Revisionsstillstandes wurden 40 der insgesamt 177 Brennelemente durch neue Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem angereichertem Uran (WAU-Brennelemente) ersetzt. Der Reaktorkern enthält im 30. Betriebszyklus (2008/2009) 20 Uran-, 125 WAU- und 32 Uran/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente). Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass der Betreiber neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Zur Untersuchung des Brennstabverhaltens bei höherem Abbrand wurden wiederum Testbrennstäbe mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien eingesetzt und inspiziert. Zudem wurden an der Struktur von abgebrannten Brennelementen Dimensions- und Oxiddickenmessungen vorgenommen. Die untersuchten Brennelemente zeigten ein gutes Betriebsverhalten.

Die Hüllrohre aller 48 Steuerelemente wurden während des Revisionsstillstandes mittels Wirbelstromprüfung auf Wanddickenschwächungen und Beschädigungen untersucht. Bei sechs Steuerelementen der Erstausrüstung, die bis zu 27 Betriebszyklen im Einsatz waren, sind Rissanzeigen festgestellt worden. Sie wurden deshalb gegen neue ausgetauscht. Im laufenden 30. Betriebszyklus sind noch 4 Steuerelemente der Erstausrüstung

im Einsatz. In diesem Betriebszyklus gibt es erneut Anzeichen eines Brennstab-Hüllrohrdefekts mit Auswaschung von Brennstoff (vgl. Kap.3.2). Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernausslegungsberechnungen überein. Es kam zu keinen Überschreitungen von Betriebsgrenzwerten.

### 3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2008 war die Kollektivdosis im KKG 774 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 13,2 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde unterschritten.

Bei den Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden 686 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 830 Pers.-mSv. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die nicht mit einfachen Mitteln (Waschen, Abbürsten) entfernt werden konnten. Es trat ein Fall einer geringfügigen Inkorporation mit rund 200 Bq Co-60 (3 mikroSv) auf. Die Kontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen. Der Personalbestand im Strahlenschutz war jederzeit ausreichend.

Das ENSI hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKG ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 24 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben eine gute Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen sind kleiner als 0,001 mSv für Erwachsene

Das Brennelement-lagergebäude.  
Foto: KKG



ne und für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten keine signifikante Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen gegenüber der Untergrundstrahlung festgestellt. Die nach Art. 102 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Gösgen wird auf den Strahlenschutzbericht 2008 des ENSI verwiesen.

### 3.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Anhang, Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 19 m<sup>3</sup> niedriger als im Vorjahr, da die Verarbeitung der radioaktiven Schlämme aus mehreren Sammel tanks bereits Ende 2007 abgeschlossen wurde. Die Abfallmenge entspricht dem niedrigen langjährigen Mittel.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Im Jahr 2008 wurden brennbare und schmelzbare Rohabfälle zwecks Verarbeitung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen im KKG ist mit 51 m<sup>3</sup> gering.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKG die Bituminierung von Harzen und Konzentraten sowie die Zementierung von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen zum Einsatz. Für alle an-

gewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen Typengenehmigungen des ENSI vor. Im Jahr 2008 wurden 71 Gebinde mit Waschwasserkonzentraten und 30 Gebinde mit Borkonzentrat in Bitumen verfestigt.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKG nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Die radioaktiven Abfälle des KKG sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 2008 aus dem KKG 4,8 t Öl gemäss den Vorgaben der Richtlinie R-13 freigesessen.

Ende April 2008 wurde der erste innerbetriebliche Trockentransfer von 12 abgebrannten Brennelementen in einem Transportbehälter vom Kompakt- ins neue Nasslager erfolgreich durchgeführt. Die derzeitige Betriebsbewilligung des Nasslagers sieht vor, dass das Verfahren für den Trockentransfer von abgebrannten Brennelementen ins Nasslager vom ENSI freizugeben ist. Sofern ein Behälter mit einer gültigen verkehrsrechtlichen Zulassung verwendet wird, kann das KKG künftig ohne zusätzliche Zustimmungsschritte jederzeit weitere Brennelemente transferieren. Das ENSI hat für den ersten Transfer eine provisorische Freigabe erteilt und diesen beaufsichtigt. Nach den dabei gewonnenen Erfahrungen hat das KKG das Verfahren in einigen Punkten angepasst und wird alle zukünftigen Transfers mit dem vom ENSI endgültig freigegebenen Verfahren durchführen. Damit ist auch die letzte Pendenz aus dem Projekt Nasslager KKG abgeschlossen.

### 3.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Inspektionen haben gezeigt, dass die Abläufe zur Alarmierung der internen Notfallorganisation und

zur Orientierung externer Stellen vollständig beschrieben und die Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen betriebsbereit sind.

Das ENSI hat im November an der Übung KAS-TOR die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Beim Umladen von abgebrannten Brennelementen aus dem Transferbehälter stürzt ein Brennelement im neu in Betrieb genommenen Nasslager ab. Der anwesende Strahlenschutzmitarbeiter erkennt eine Freisetzung aus den beim Absturz beschädigten Brennstäben und lässt das Nasslager räumen. Bei der Flucht verletzt sich ein Mitarbeiter schwer. Zudem wird im lokalen Leitstand ein Schweißgerät unsachgemäss deponiert, so dass ein Brand mit starker Rauchentwicklung ausbricht. Dieser schliesst den Verletzten und die Hilfe leistenden Personen auf dem Beckenflur ein. Auf Grund seiner Übungsbeobachtungen kam das ENSI zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden.

Im Dezember 2008 löste das ENSI im KKG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

### **3.7 Personal und Organisation**

#### **3.7.1 Organisation und Betriebsführung**

Im Berichtsjahr hat das KKG keine grösseren organisatorischen Änderungen vorgenommen. Da der Generationenwechsel auch weiterhin im Gange ist, liegt der Schwerpunkt des KKG im Bereich Personal und Organisation in einer langfristigen Personalplanung mit dem Kompetenzerhalt in allen Bereichen. Ende 2008 arbeiteten im KKG 413 Personen (2007: 401).

Im Auftrag des KKG hat das Institut für Arbeitspsychologie der ETH Zürich eine Analyse zur sicherheitsförderlichen Gestaltung flexibler Routinen im KKG durchgeführt. Aus den Resultaten sollen Verbesserungsmassnahmen abgeleitet werden. Das KKG hat dem ENSI die Ergebnisse der Studie präsentiert.

#### **3.7.2 Personal und Ausbildung**

Im Berichtsjahr bestanden vier Reaktoroperateur-Anwärter des KKG unter behördlicher Aufsicht die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reak-

toroperateur. Diese Ausbildung ergänzt die erforderlichen allgemeinen theoretischen Kenntnisse auf dem Gebiet der thermischen Kraftwerkstechnik mit spezifischen Kenntnissen auf den Gebieten Nuklearphysik, Reaktortechnik und Strahlenschutz.

Zwei Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs des KKG legten ihre Zulassungsprüfung unter behördlicher Aufsicht mit Erfolg ab. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem theoretischen und praktischen Teil. Im theoretischen Teil weisen die Kandidaten ihre detaillierten Kenntnisse zum Aufbau und Verhalten der Anlage und zu den anzuwendenden Vorschriften nach. Der praktische Teil erfolgt am eigenen Anlagesimulator und besteht in einer Demonstration der Anwendung der Kenntnisse. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal der Abteilung Betrieb des KKG wird vom ENSI regelmässig inspiziert. Dieses Jahr wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator gelegt, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Betriebssituationen und Störfällen liefert. Neben dem Anlagesimulator für die Teamarbeit wird auch ein Softpanel-Simulator für individuelles Lernen eingesetzt. Er erlaubt, das Verständnis des Einzelnen für komplexe Anlagetransienten einfacher zu fördern. Im Weiteren wurden zum vertieften Verständnis spezifische Ausbildungsunterlagen für schwierige Anlagesituationen erarbeitet (z.B. Reaktor kritisch fahren, Kondensationsschläge, usw.).

Wichtig für die Durchführung von Funktionsprüfungen, für die Störungsbehebung und für die Umsetzung des Freischalt- bzw. Absicherungsverfahrens ist ein gut ausgeprägtes Sicherheitsbewusstsein. Das ENSI inspizierte die diesbezügliche Aus- und Weiterbildung. Das KKG hat noch keine einheitliche Weisung für das gesamte Personal über anzuwendende Methoden und Arbeitstechniken zur Vermeidung von Fehlern erstellt, diese ist jedoch für das Betriebspersonal vorhanden. Dabei werden Kenntnisse vermittelt, die sowohl der Unterstützung des individuellen Arbeitsverhaltens dienen, als auch solche, die auf das Verhalten des gesamten Arbeitsteams ausgerichtet sind. Da diese Arbeitstechniken wegen des fehlenden gemeinsamen Standards in den einzelnen Abteilungen unterschiedlich ausgebildet und angewandt wer-

den, erschwert dies ein einheitliches Verständnis bei Arbeitsvorbereitungen zwischen Betriebs- und Instandhaltungspersonal. Das ENSI sieht auf diesem Gebiet Verbesserungspotenzial und wird die weitere Entwicklung des KKG auf diesem Gebiet verfolgen.

### 3.8 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2008 beurteilte das ENSI über 80 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
<b>Ziele</b>				
<b>Sicherheitssebenen</b>				
Ebene 1	V	V	A	A
Ebene 2			V	N
Ebene 3			A	A
Ebene 4		G	N	
Ebene 5				
<b>Barrieren</b>				
Integrität der Brennelemente		V	A	N
Integrität des Primärkreises			A	V
Integrität des Containments				
<b>ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung</b>			V	N

Sicherheitsbewertung 2008 KKG:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechenden Zellen beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Das ENSI verfolgt aber im Rahmen seiner gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 3.1 bis 3.7 ausführlicher behandelt. Jeder Sachverhalt ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Eine für den Probelauf einer Pumpe des Nebenkühlwassersystems benötigte Dieselpumpe startete nicht.
- Beim Test der Umschaltung der Anspeisung einer Notstromschiene von einer Schiene auf eine andere am 3. Januar 2008 schaltete diese nicht in den Ursprungszustand zurück. Die Notstromschiene war jedoch stets mit Spannung versorgt.
- Am 15. Oktober 2008 kam es zur gleichen Störung wie am 3. Januar 2008.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Nach einer Strangrevision wurde bei der Rückschaltung der Spannungsversorgung einer gesicherten Schiene ein Arbeitsschritt irrtümlich übersprungen, weshalb die betroffene Schiene kurzfristig ohne Spannung war.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Am Mannlochstützen eines Druckspeichers trat eine Tropfleckage auf.
- Durch einen Fehler an einem Lagertempertursensor wurde ein Notstromdieselmotor bei einem Test störungsbedingt abgeschaltet. Der Dieselmotor wäre im Anforderungsfall nicht ausgefallen, weil der Lagertempertursensor in diesem Fall nicht wirksam wäre.
- Das unter Ebene 1 genannte Startversagen einer Dieselpumpe ist auch für die Ebene 3 von Bedeutung, weil diese Pumpe sowohl eine betriebliche Funktion als auch eine Sicherheitsfunktion hat.
- Die unter Ebene 1 genannten Umschaltstörungen der Anspeisung einer Notstromschiene sind auch für die Ebene 3 von Bedeutung, weil diese Schiene sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall Teil der elektrischen Eigenbedarfsversorgung der Anlage ist.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Der unter Ebene 1 genannte Fehler bei der Rückschaltung der Spannungsversorgung einer gesicherten Schiene war auch für die Ebene 3 von Bedeutung, weil diese Schiene sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall Teil der elektrischen Eigenbedarfsversorgung der Anlage ist.
- Integrität der Brennelemente, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Im 30. Zyklus ist eine Brennstoffleckage aufgetreten. (Die im 29. Zyklus aufgetretene Brennstoffleckage ist in der Sicherheitsbewertung 2007 berücksichtigt worden.)

Integrität des Primärkreises, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- An den Dichtungsgehäusen der Hauptkühlmittelpumpen sind Rissanzeigen gefunden worden, die zurzeit zulässig sind, aber eine Instandsetzung verlangen.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität			N	N
	Kühlung der Brennelemente		V	A	N
	Einschluss radioaktiver Stoffe	V	V	A	V
	Begrenzung der Strahlenexposition	V	V	N	N
	schutzzielübergreifende Bedeutung			A	A

Sicherheitsbewertung 2008 KKG:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Gösgen wird die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2008 geprägt von einer Brennelementleckage und einer Reihe unterschiedlicher Schwachstellen. Diese lagen alle innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen. Es sind keine übergeordneten Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Fehlern zu finden.

Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Organisation** zeigt nur eine Abweichung.

Das Risiko des KKG ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKG (siehe Kap. 11.1).

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinarbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstandes gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKG während des Jahres 2008 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Es attestiert dem KKG eine gute Betriebssicherheit



Blick auf das  
Kernkraftwerk  
Leibstadt.  
Foto: KKL

## 4. Kernkraftwerk Leibstadt

### 4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2008 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Es war kein klassiertes Vorkommnis zu verzeichnen. Das ENSI stellt fest, dass das KKL die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten hat und bescheinigt dem KKL eine gute Betriebssicherheit.

Das KKL ist eine Siedewasserreaktor-Anlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1165 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1 und 2 des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktor-Anlage.

Besondere Bedeutung hatten die wiederkehrenden Prüfungen: Am Reaktordruckbehälter wurden Stutzeinschweissnähte und Stutzeninnenkanten

mittels eines modernen Ultraschallprüfsystems auf Ermüdungsrisse geprüft. Die Leistungsfähigkeit dieses Prüfsystems wurde vorgängig in den USA im Rahmen eines umfassenden Verfahrens nachgewiesen. Dennoch konnte wegen technischer und organisatorischer Probleme nicht der ursprünglich geplante Prüfumfang untersucht werden. Der vom Regelwerk geforderte Untersuchungsumfang wurde jedoch erreicht. Die Prüfungen an den Schweissnähten der Umwälzleitungen wurden planmässig durchgeführt und ergaben keine neuen Befunde. Im Bereich Instandhaltungsplanung (zerstörungsfreie Prüfungen) sieht das ENSI allerdings notwendige Verbesserungen. Das ENSI wird im Rahmen seiner Inspektionstätigkeit einen Schwerpunkt auf die Überprüfung einer adäquaten Instandhaltungsplanung und deren Umsetzung legen.

Im Berichtszeitraum gab es keine Brennelementschäden. Die Borsäurekonzentration im Reaktor-

wasser ist auf Grund von Leckagen an Steuerstäben im Jahresverlauf wieder leicht gestiegen.

Die Modernisierung der leittechnischen Einrichtungen wurde fortgesetzt. Das im Rahmen des ersten Modernisierungsschrittes im Jahr 2006 implementierte Anlagen-Informationssystem erhielt die neuste Systemversion. Als Vorbereitung für weitere Modernisierungsschritte wurde gleichzeitig das bestehende Netzwerk optimiert und erweitert.

Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen wurde eingehalten. Die radioaktiven Abgaben lagen unterhalb der Grenzwerte und führten nur zu einer unbedeutenden zusätzlichen Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall radioaktiver Rohabfälle bewegte sich im mehrjährigen Mittel und ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Alters auf einem niedrigen Niveau.

Das ENSI führte in allen Fachgebieten 72 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte das ENSI Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagen an der PSI-Technikerschule. Sie ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperateur.

## 4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 24. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 91,2 % und eine Zeitverfügbarkeit von 92,4 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Figur 1 dargestellt. Auf Grund einer Tropfleckage wurde ein Hochdruck-Vorwärmer am 1. März 2008 zur Inspektion ausser Betrieb genommen. Dazu wurde die Reaktorleistung auf 90 % reduziert. Nach der Behebung der Tropfleckage und Wiederinbetriebnahme des betroffenen Hochdruck-Vorwärmers konnte der Volllastbetrieb weitergeführt werden.

Am 18. Juli 2008 kam es zu einem Motorausfall an der Hydraulikeinheit der Reaktor-Umwälzregelung des Kreislaufs B. Um die Differenz der Umwälzmenge zwischen Kreislauf A und B im erlaubten Bereich halten zu können, wurde die Reaktorleistung manuell um wenige Prozente reduziert. Nach Umschaltung auf die redundante Hydraulikeinheit wurde der Reaktor am 18. Juli 2008 wieder auf

die im Streckbetrieb maximal mögliche Leistung gefahren.

Darüber hinaus war keine weitere störungsbedingte Leistungsreduktion und auch kein unvorhergesehenes Abfahren der Anlage zu verzeichnen.

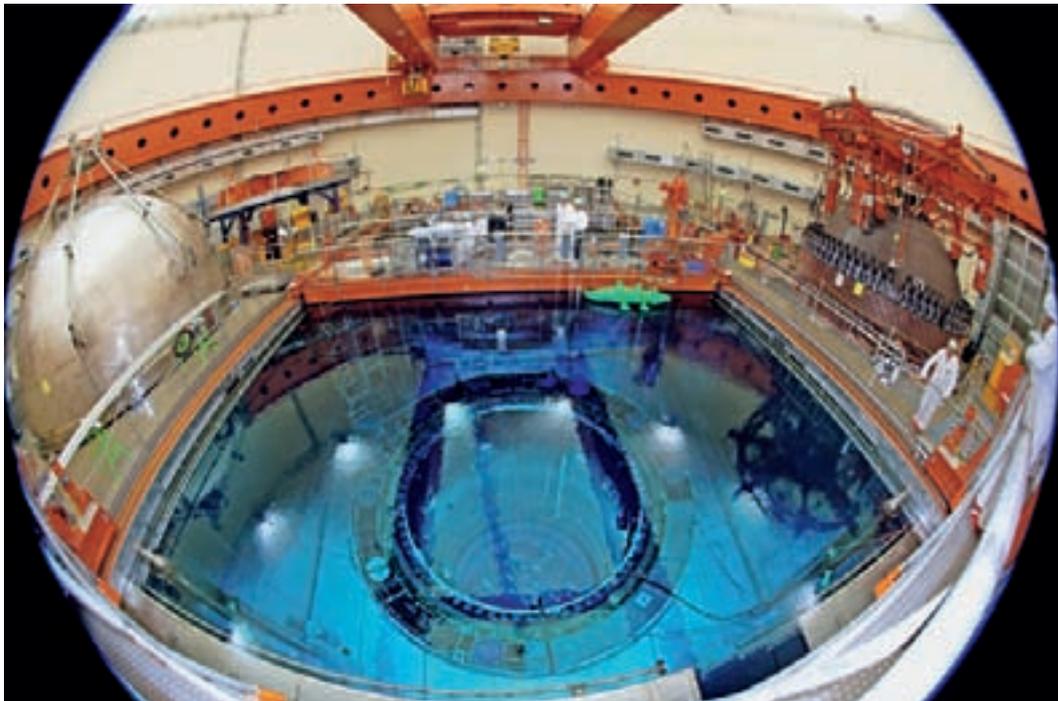
Während der Sommermonate musste die Reaktorleistung infolge der hohen Umgebungstemperaturen an einigen Tagen um bis zu 10 % reduziert werden.

Im Berichtsjahr war kein klassiertes Vorkommnis zu verzeichnen.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Folgende Abweichungen im Betriebsgeschehen sind nennenswert:

- Bei einer periodischen Anlagenbegehung entdeckte die Betriebsschicht am 25. Februar 2008 in Räumen des Reaktorhilfsgebäudes Wandrisse. Diese wurden umgehend saniert. Sie waren auf das baustoffbedingte Schwinden nacheinander betonierter Wände zurückzuführen. Die Dichtungsanforderungen an das Sekundärcontainment waren stets erfüllt.
- Am 2. Juni 2008 während einer alle drei Monate erfolgenden Funktionsprüfung schaltete der Antrieb eines Schiebers an einer Leitung vom Kaltkondensatbehälter zum Reaktorkernisoliations-Kühlsystem nach dem Erreichen der Offen-Stellung nicht ab. Ursache war ein Kurzschluss auf einer Leiterplatte. Deshalb sprach die Leistungssicherung des Stellantriebs an. Im Anforderungsfall hätte das Reaktorkernisoliations-Kühlsystem seine Aufgabe erfüllt.
- Im Reaktorhilfsgebäude sind Räume, in welchen Leitungsbrüche mit grossen Belastungen für die Gebäudestrukturen verbunden wären, mit Überdruckklappen versehen. Am 30. Juli 2008 stellte das KKL in einem für die Druckentlastung vorgesehenen Rohrkanal fest, dass vor mehreren Jahren eine Arbeitsplattform eingebaut worden war, welche bei einem Leitungsbruch im Bereich des Reaktorwasser-Reinigungssystems oder des Nachwärmeabfuhrsystems die Dampfströmung behindern würde. Die Arbeitsplattform war zur Erhöhung der Arbeitssicherheit bei Wiederholungsprüfungen installiert worden. Das KKL hat diese Arbeitsplattform inzwischen demontiert und wird sie in der kommenden Revisionsabstellung durch einen Gitterrost ersetzen.
- Im Revisionsstillstand kam es im Containment bei Schleifarbeiten an einem Druckschieber zur Inkorporation radioaktiver Stoffe durch das In-



Blick ins  
Reaktorgebäude.  
Foto: KKL

standhaltungspersonal. Die Mitarbeiter, welche diese Arbeiten durchführten, trugen vorschriftsgemäss Schutzmasken. Obwohl zur Verhinderung einer Ausbreitung von Aerosolen infolge der Schleifarbeiten eine temporäre Luftabsaugung installiert worden war, breiteten sich radioaktive Aerosole aus. Infolge der relativ grossen Distanz zwischen dem Freisetzungsort und dem Messort des Raumluftüberwachungssystems erfolgte die Alarmierung verzögert. Mitarbeiter, die in der Nähe mit anderen Arbeiten beauftragt waren, atmeten geringe Mengen dieser Aerosole ein. Als Sofortmassnahmen wurden die Schleifarbeiten unterbrochen, über dem Druckschieber ein belüftetes Zelt errichtet und Triagemessungen für das im Containment anwesende Personal angeordnet. Es wurden alle 49 Mitarbeiter überprüft, die sich zum Zeitpunkt der Aerosolausbreitung im Drywell aufgehalten hatten. Dabei wurden bei vier Mitarbeitern leichte Inkorporationen nachgewiesen. Die Folgedosis bei den betroffenen Mitarbeitern wurde mit weniger als 1 mSv ausgewiesen (0,1 mSv, 0,3 mSv, 0,3 mSv und 0,6 mSv) und liegt damit weit unterhalb des Grenzwertes von 20 mSv pro Jahr für beruflich strahlenexponierte Personen. Die Ursachenanalyse des Ereignisses zeigte, dass die Planungsvorgaben eine zu kurze Zeit für die Abkühlung des Systems vorsahen. Diese Erkenntnis soll in Zukunft bei der Revisionsplanung berücksichtigt werden. Zudem werden Arbeiten, bei denen Aerosole freigesetzt werden können,

künftig nicht nur mit einer Luftabsaugung, sondern auch in einer Einhausung durchgeführt. Schliesslich wird an solchen Arbeitsplätzen eine kontinuierliche Luftüberwachung eingeführt.

- Beim Brennelementwechsel während der Revisionsabstellung wurden Brennelemente vom Reaktorkern ins obere Lagergestell transportiert. Nach Absetzen eines Brennelements im Lagergestell öffnete der Greifer nicht vollständig. Der Brennelement-Haltegriff war leicht verbogen, was das Öffnen des Greifers behinderte. Das Brennelement wurde zur Inspektion ins Brennelement-Lagerbecken transferiert. Als wahrscheinliche Ursache für das Verbiegen des Brennelementgriffs wird das vorangegangene Aufsetzen des Brennelements auf den Rand des Lagergestells gesehen. Der Griff wurde ersetzt und das Brennelement wieder in den Reaktor eingesetzt.
- Während eines Funktionstests wurde festgestellt, dass ein Dreiweg-Ventil einer Kälteanlage, welche auch zur Kühlung der Raumluft einer Notsteuerstelle dient, seit dem Jahr 2005 um 180 Grad verdreht eingebaut war. Der Fehler hatte im Normalbetrieb keine Auswirkungen. Beim Test wurde beobachtet, dass der Kühlwasser-Durchfluss unerklärlicherweise auf ein tieferes Niveau absank. Als Folge des Fehleinbaus wurde im Schwachlastbereich ein Teil des Kühlwasserstroms über den Kondensator rezirkuliert, anstatt diesen zu umfahren. Im Anforderungsfall wäre jedoch der volle Kühlwasserdurchfluss

und damit die auslegungsgemässe Funktion des Systems gewährleistet gewesen. Die Einbaurichtung des Ventils wurde richtig gestellt und die Funktion überprüft.

- Rund zwei Wochen nach der Revisionsabstellung 2008 wurde festgestellt, dass im Kernüberwachungsprogramm eine falsche Datei verwendet wurde. Statt der Eingabedatei für die Kernwärme-Bilanzrechnung für Zyklus 24 wurde irrtümlich diejenige für Zyklus 23 geladen. Der Fehler wurde umgehend behoben. Die Auswirkungen des Fehlers sind geringfügig. Die Betriebssicherheit war jederzeit gewährleistet.
- Am 30. September 2008 kam es bei einem Einzelscramtest wegen einer Undichtheit an einem Ventil eines Brennelementantriebs zum Eindriften eines ganz ausgefahrenen Steuerstabes auf

Blick ins  
Maschinenhaus. Im  
Vordergrund (rot) der  
Generator.  
Foto: KKL



eine mittlere Position. Die Abschaltfunktion des Steuerstabes war durch das undichte Ventil nicht beeinträchtigt. Die Betriebslimiten wurden eingehalten. Das Ventil wurde ersetzt und der Einzelscramtest wiederholt.

## 4.3 Anlagetechnik

### 4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstandes vom 2. bis 30. August 2008 wurden geplante Instandhaltungsmaßnahmen wie Inspektionen an mechanischen und elektrischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen sowie wiederkehrende Funktionsprüfungen und Begehungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Arbeiten konnten bei strahlenschutztechnisch günstigen Bedingungen vorgenommen werden, da während des vorhergehenden Betriebszyklus keine Brennelementschäden aufgetreten waren.

An den **mechanischen** Anlageteilen wurden eine Reihe von Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Nachfolgend werden davon einige der sicherheitstechnisch wichtigen erläutert.

An Rohrleitungen des Umwälzsystems wurden auf Grund der in den vergangenen Jahren gefundenen Materialfehler 19 Schweißnähte mit einem qualifizierten Ultraschall-Prüfsystem mechanisiert geprüft, an zwei Schweißnähten fanden manuelle Prüfungen statt. Dabei wurden keine neuen Materialfehler gefunden. Die in den vergangenen Jahren gefundenen Anzeigen können belassen werden, müssen jedoch mit verkürztem Intervall wiederkehrend geprüft werden.

Am Reaktordruckbehälter (RDB) wurden Stutzen-Einschweißnähte und Stutzen-Innenkanten mittels eines modernen Ultraschall-Prüfsystems auf Ermüdungsrisse geprüft. Die Leistungsfähigkeit dieses Prüfsystems – bestehend aus Prüfvorschrift, Ausrüstung und Personal – wurde vorgängig in den USA im Rahmen eines umfassenden Verfahrens geprüft. Dennoch konnten wegen technischer und organisatorischer Probleme nicht der geplante Prüfumfang, sondern nur etwas mehr als die minimal geforderte Anzahl von Stutzen untersucht werden. Das ENSI kam zum Schluss, dass wesentliche Mängel bei der Vorbereitung und Organisation der Abläufe aufgetreten sind. Das KKL hat daher ein Konzept vorzulegen, wie in Zukunft die Qualität von Planung, Durchführung und Dokumentation von Projekten auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfung verbessert werden

kann. Die Prüfung und deren Ergebnisse können vom ENSI erst dann akzeptiert werden, wenn das eingesetzte Prüfsystem bei der Qualifizierungsstelle ZfP Schweiz qualifiziert ist. Die Auswertung der Prüfung ergab insgesamt 16 bewertungspflichtige Anzeigen in den Stutzen-Einschweissnähten. Alle Anzeigen wurden gemäss den Akzeptanzkriterien des ASME-Codes bewertet und als zulässig befunden. Der SVTI-N hat als Sachverständiger des ENSI die Einstufung der Anzeigen bestätigt. Die Bereiche der Stutzen-Innenkanten waren ohne Befund.

Bei jeder Revisionsabstellung werden ausgewählte Einbauten des Reaktordruckbehälters einer visuellen Prüfung unterzogen. Unter Verwendung spezieller Unterwasser-Kamerasysteme werden Schweissnähte und verschiedene Einbauten auf mögliche Defekte untersucht. In diesem Jahr wurden Teile des Kernmantels, die Endklammern der Speisewasser-Verteilringe, die Schweissnähte der Probenhalter, diverse Instrumentierungsrohre, Bolzen, Teile des Bodens, der Dampftrockner und der Wasserabscheider geprüft. Es wurden keine unzulässigen Befunde festgestellt. Die jährliche visuelle Prüfung der Bodenkalotte und der Steuerstabdurchführungen des RDB ergab keine Hinweise auf Leckagen.

Von insgesamt 149 Steuerstabantrieben wurden 26 ausgebaut und mittels Farbeindringprüfung auf Verschleiss untersucht. 16 dieser Antriebe wurden durch solche ersetzt, welche im Jahr 2006 ausgebaut und revidiert worden waren. 10 der ausgebauten Antriebe wurden noch während der Abstellung revidiert und direkt wieder eingebaut. Das ENSI inspizierte stichprobenartig die Durchführung der Prüfungen und hat dabei festgestellt, dass nicht alle vorgesehenen Bereiche durch den Prüfumfang abgedeckt wurden. Das KKL wurde aufgefordert, eine werksspezifische Prüfanweisung für die Farbeindringprüfung der Steuerstabantriebe zu erstellen und den Prüfstatus der eingesetzten Steuerstabantriebe zu dokumentieren.

Die Keilplattenschieber sind in ihrer Funktion als Saug- und Druckschieber in der Umwälzschleife integriert. An zwei Druckschiebern wurden die Keilplatten und Spindeln wegen Verschleisserscheinungen ersetzt. Auf Grund mehrerer Abweichungsmeldungen bei den Ersatzkomponenten hat das ENSI eine neue Qualifizierung des Herstellverfahrens beim Lieferanten gefordert.

Die Beschauung der Hochdruckturbinen (HD) und diejenige der Niederdruckturbinen wurde mittels Endoskop überprüft. In der ersten Lauf-

reihe der HD-Turbine wurde dabei ein Fremdteil gesichtet. Es wurde beschlossen, die HD-Turbine zu öffnen, das Fremdteil zu bergen und eine Turbinenrevision durchzuführen. Die Revision ergab keinen weiteren Befund. Beim Fremdteil handelte es sich um einen rund 9 mm breiten und 20 mm langen Ausbruch eines Schweissrings eines Turbineneinlassventils.

Wie jedes Jahr wurde eine der vier Hauptkühlwasser-Pumpen einer Totalrevision unterzogen. Die Pumpe wurde komplett zerlegt. Laufrad und Pumpenwelle wurden ersetzt. Die Pumpenwelle und das Laufrad wurden auf Schäden geprüft, bei Bedarf aufgearbeitet und für den Einbau im kommenden Jahr bei einer anderen Pumpe vorbereitet.

Mit dem integralen Leckratentest, welcher alle zehn Jahre während der Jahreshauptrevision durchgeführt werden muss, wurde nachgewiesen, dass die Dichtfunktion des Primärcontainments unter Störfallbedingungen gewährleistet ist. Die gemessene Leckrate lag weit unterhalb des zulässigen Werts. Für diesen Test wurden zur Erhöhung des Luftdrucks im Containment ausserhalb des Gebäudes temporär installierte Kompressoren eingesetzt.

Im Revisionsstillstand 2008 wurden an den **leit-technischen und starkstromtechnischen** Anlagen wichtige Instandhaltungsarbeiten inklusive Funktionsprüfungen durchgeführt. Diese zeigten einen guten Zustand und die einwandfreie Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Anlagen. Die wichtigsten Arbeiten sind im Folgenden zusammengefasst:

- Die elektrischen Schutzeinrichtungen in den 380-kV-Hochspannungsanlagen wurden alterungsbedingt erneuert. Zwei 380-kV-Längstrenner und ein Sammelschienentrenner wurden revidiert.
- Die am Generator durchgeführte Revision umfasste visuelle Kontrollen und diverse Messungen. Die Kontrollen zeigten einen guten Zustand des Generators.
- Bei den Blocktransformatoren wurden im Bereich der Ausgleichsbehälter diverse kleinere Ölleckagen abgedichtet. Neu eingebaut wurde eine «Online-Gas-in-Öl-Überwachung». Sie erlaubt eine kontinuierliche Überwachung des Ölzustands. Erfasst und überwacht werden 12 Stoffe wie zum Beispiel Wasser, Wasserstoff, Kohlenstoff und Acetylen.
- Mit der kompletten Revision eines Eigenbedarfs-Transformators fanden die geplanten Grossre-

visionen aller Öltransformatoren der Eigenbedarfs-Anlagen ihren Abschluss. Am Transformator wurde die Verkabelung sowie diverse Instrumente ersetzt. Die Inspektion des Trafokerns und der Wicklungen ergab keine Befunde.

- Bei den Eigenbedarfs-Anlagen wurden neben den Transformatoren auch die Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen gewartet. Es waren keine Auffälligkeiten oder Befunde zu verzeichnen. Bei einem Stellantrieb wurde ein beginnender Windungsschluss festgestellt. Der Motor musste neu gewickelt werden.
- Im Bereich der leittechnischen Anlagen wurden die gemäss den Technischen Spezifikationen geforderten Kontrollen und Kalibrierungen zur Aufrechterhaltung einer hohen Systemzuverlässigkeit durchgeführt. Zahlreiche Relais und Schützen des Reaktorschutzsystems wurden vorsorglich ersetzt. Beim Steuerstabsfahr- und Anzeigesystem wurde eine interne Systemprüfung vorgenommen. Bei 15 der insgesamt 149 Steuerstabantrieben wurden die Fahrwasserventile ersetzt und neu verkabelt.
- Die Turbinenregelung, die Speiswasserregelung und die Regeleinrichtung des Kernisolation-Kühlsystems wurden überprüft. Die Instrumentierung wie auch das Regelverhalten waren ordnungsgemäss.

#### 4.3.2 Anlagenänderungen

Im Revisionsstillstand wurden zahlreiche Anlagenänderungen zur weiteren Verbesserung und Modernisierung der Anlage umgesetzt. Nennenswert sind u.a.:

- Die Nachrüstung der Primäranlage mit einer Wasserstoff- und Edelmetalleinspeisung konnte in diesem Jahr mit einer erfolgreichen Inbetriebsetzungsphase abgeschlossen werden. Mit dieser Massnahme wird ein verbesserter Schutz der Kerneinbauten und der Umwälzschleifen vor Spannungsrissskorrosion erwartet. Die Wirksamkeit der Einspeisung wird mittels neu installierter Probenahmesysteme überprüft.
- Um eine Schwachstelle beim radiologischen Zonenkonzept zu beseitigen, wurde das gesamte Gebäude, in welchem die beiden Kaltkondensatbehälter untergebracht sind, eingezont. Während der diesjährigen Revisionsabstellung wurde das neue Stahlbetondach mit stützender Stahlbaukonstruktion eingebaut und abgedichtet. Mit der Einzonung der Kaltkondensatbehälter war die Installation einer neuen Zuluftanlage für dieses Gebäude erforderlich.

■ Bei den vier Nebenkühlwasser-Pumpen wurden Laufräder mit einem grösseren Durchmesser eingebaut. Diese Anlagenänderung bezweckt eine Vergrösserung der Fördermenge der Pumpen und damit eine Senkung der Temperatur an den Kühlstellen des Zwischenkühlwasser-Systems.

- Alterungsbedingt wurde im Abgassystem eine Berstscheibe ersetzt. Da der bisher eingebaute Berstscheibentyp nicht mehr erhältlich ist, musste auf ein äquivalentes Ersatzprodukt ausgewichen werden. Dieses Produkt konnte die Anforderungen des nuklearen Regelwerks ASME (SK3) nicht erfüllen. Nach Prüfung der Sachlage erteilte das ENSI eine zeitlich befristete Freigabe für den Einbau und den temporären Betrieb dieser Berstscheibe unter der Auflage, dass der Austausch der eingebauten gegen eine regelwerkskonforme Berstscheibe in der Revisionsabstellung 2009 zu erfolgen hat.

Der Revisionsstillstand wurde auch für die Umsetzung von diversen Anlagenänderungen bei den elektrischen und leittechnischen Ausrüstungen genutzt. Nachfolgend wird kurz auf einige dieser Arbeiten eingegangen:

- An verschiedenen Orten im Kraftwerk wurde der Blitzschutz ertüchtigt. Hierzu wurden zahlreiche elektrische Verbindungen über Gebäudegrenzen, sog. Dehnfugenüberbrückungen, angebracht. Auch die Blitzschutz-Fangeinrichtungen auf dem Maschinenhausdach wurden verbessert.
- Das Anlageninformationssystem ANIS wurde optimiert und erweitert. Zur Erfassung zusätzlicher Signale wurde die Infrastruktur für Signalerfassung, -verarbeitung und -ausgabe bereitgestellt. Verbesserungen wurden zudem im Bereich Prozessflussbilder, Verknüpfungen, Kriterienbildung und Alarmierung durchgeführt.
- In der Nähe der Ansaugöffnungen der drei Notsteuerstellen wurden zusätzliche Brandmelder installiert, welche einen Aussenbrand detektieren und die Luftzufuhr frühzeitig unterbrechen.

#### 4.3.3 Brennelemente, Steuerstäbe und Reaktorkern

Im Berichtszeitraum traten keine Brennelementschäden auf, so dass die Integrität der ersten Barriere zum Schutz gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war.

Für den Brennstoffzyklus 25 wurden 132 frische Brennelemente eingesetzt, 108 vom Typ ATRIUM 10XM und 24 vom Typ SVEA96 Optima2. Das ENSI hat sich davon überzeugt, dass das KKL neue Brennelemente einsetzt, die den Qualitätsanfor-

derungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Nachbestrahlungsuntersuchungen in den heißen Zellen des PSI-Hotlabors zeigten einen leicht erhöhten Wasserstoffgehalt im Hüllrohrmaterial eines Hochabbrand-Brennstabs aus einem ATRIUM-10B-Brennelement. Deshalb wurden vorsorglich vier der sechs ATRIUM-10XP-Vorläufer-Brennelemente durch SVEA-96-Optima2-Brennelemente ersetzt.

Im Betriebszyklus 24 hat die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser etwas zugenommen, sodass die bestehende Strategie für den Austausch von Steuerstäben fortgesetzt wurde. In der Jahresrevision wurden 17 frische Steuerstäbe in den Reaktorkern geladen, 16 vom Typ CR82M-1 und einer vom Typ CR99. Die Abschaltsicherheit war jederzeit gewährleistet.

Im Berichtszeitraum ist der Reaktorkern auslegungsgemäss und im bewilligten Rahmen betrieben worden. Die Ergebnisse der reaktorphysikalischen Messungen stimmten gut mit den Ergebnissen der Kernauslegungsberechnungen überein. Es kam zu keiner Überschreitung von thermischen Betriebsgrenzwerten.

#### 4.4 Strahlenschutz

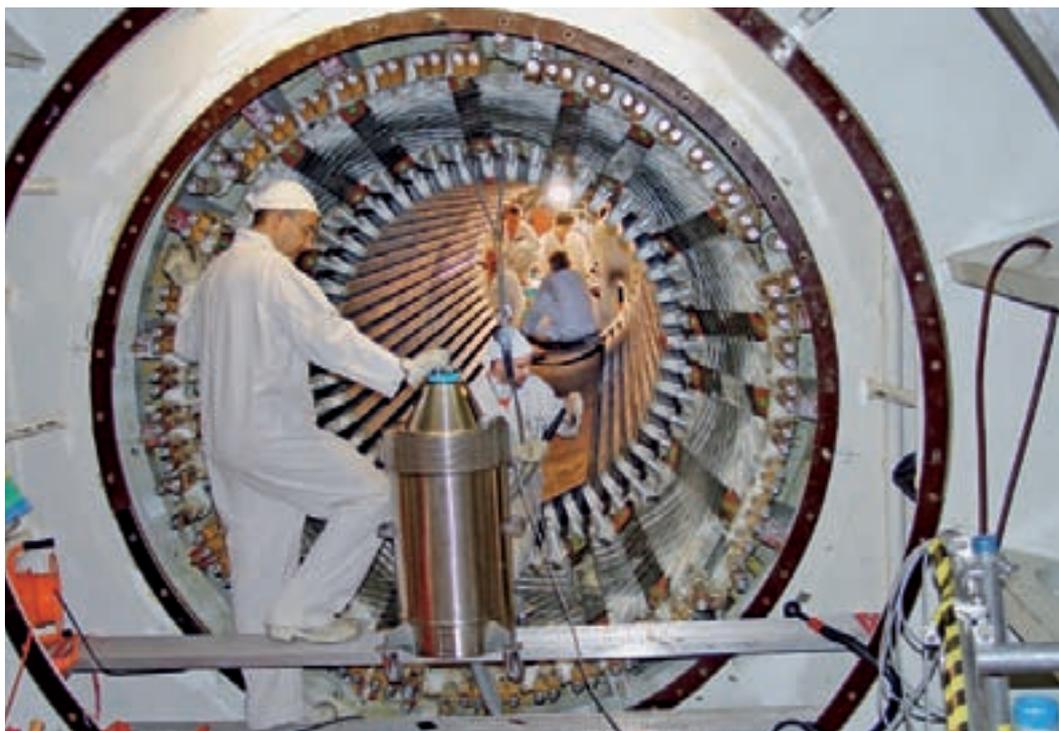
Die während des Kalenderjahrs 2008 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 1081 Pers.-mSv. Die höchste im KKL registrierte Individualdosis

für das Personal betrug 8,8 mSv. Es traten weder während des Leistungsbetriebs noch bei der Jahreshauptrevision Personenkontaminationen auf, die nicht mit den üblichen Mitteln entfernt werden konnten.

Während der Jahreshauptrevision wurden bei vier Personen Inkorporationen oberhalb der Triagegrenze festgestellt (siehe Kap. 4.2). Die akkumulierten Dosen als Folge der Inkorporationen lagen bei allen Betroffenen unter 1 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde auch in diesem Jahr unterschritten.

Die radiologischen Arbeitsbedingungen in der kontrollierten Zone während des Revisionsstillstands waren gut, da seit der Revision 2004 kein Brennelementschaden mehr auftrat. Die Konzentration der Iod-Isotope im Reaktorwasser lag unter dem Wert des Vorjahres und sank nach dem Abfahren innerhalb kurzer Zeit unter die Nachweisgrenze. Die Messwerte der Oberflächen-Dosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs entsprachen ungefähr denen aus den Vorjahren.

Für die Arbeiten während des Revisionsstillstands wurde eine Kollektivdosis von 1026 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 1220 Pers.-mSv. Für die Unterschreitung der geplanten Dosis waren zum einen konservative Annahmen bezüglich der Arbeitszeit verantwortlich. Zum anderen verursachten die mechanisierten Ultraschallprüfungen an den Umwälzschleifen und an RDB-Stützen eine



Revisionsarbeiten am Generator.  
Foto: KKL

geringere Dosis als geplant. Für die Prüfung der Schweissnähte an den Umwälzschleifen wurden auf Grund umfassender Massnahmen circa 80 Pers.-mSv eingespart. Die Prüfungen an den RDB-Stützen konnten auf Grund technischer Probleme nur zu 60 % durchgeführt werden, wobei dafür aber 78 % der geplanten Dosis akkumuliert wurden.

Im Rahmen des Projekts KKLVIP (Vessel and Internals Project) zum Schutz des Primärkreislaufs vor Spannungsrisskorrosion wird seit September Wasserstoff ins Reaktorwasser zudosiert. Ende November wurde mit dem Einspeisen von insgesamt 700 g Platin in Form einer wasserlöslichen Verbindung ins Reaktorwasser begonnen. Die Applikation verlief erfolgreich. Die Ortsdosisleistung am Zaun blieb während der gesamten Phase deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war immer angemessen und ermöglichte es, die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen. Das ENSI hat sich bei mehreren Inspektionen davon überzeugt, dass im KKL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch für die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser ohne Tritium. Die Tritium-Abgaben des KKL betragen rund 7,0 % des Jahresgrenzwertes. Die quar-

talsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet das ENSI die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter konservativen, d. h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen 0,0022 mSv für Erwachsene und 0,0050 mSv für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des vom ENSI betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 1,5 mSv keine Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Bei den quartalsweise vom ENSI zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL wird auf den Strahlenschutzbericht 2008 des ENSI verwiesen.

#### 4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Anhang, Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 39 m<sup>3</sup> etwas grösser als im Vorjahr. Die Ursache für den erhöhten Anfall an brennbarem Mischabfall ist die Bearbeitung früher angefallener Abfälle wie

Bleimatten (gelb) schützen das Personal vor radioaktiver Strahlung.  
Foto: KKL



Strahlmittel und für die Hochdruckverpressung abgefüllte Mischabfälle. Der Anfall bewegt sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes. Dieser ist im internationalen Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs seit Jahren auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Sie werden in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden im Berichtsjahr für die Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG bereitgestellt und dorthin transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKL mit 19 m<sup>3</sup> gering.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss Kernenergieverordnung und Richtlinie B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor. Im Berichtsjahr wurden verbrauchte Harze und Konzentrate konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Das KKL nutzt aber auch die Kapazitäten der ZWILAG in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 995 bereits früher konditionierte Abfallgebinde aus dem Abfalllager des KKL in 30 Transporten dorthin transferiert.

Die radioaktiven Abfälle des KKL sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden aus dem KKL im Berichtsjahr 5,2 t meldepflichtiges Material gemäss den Vorgaben der Richtlinie R-13 als inaktiv freigemessen und abgeführt. Dabei handelte es sich vorwiegend um Öl und Stahl.

Schwach kontaminiertes Metall aus den Leitschaukeln der Niederdruckturbine wurden für die Verarbeitung zu einer ausländischen Schmelzanlage transportiert und dort eingeschmolzen. Bei diesem Verfahren reichern sich die Radionuklide in der Schlacke an, die anschliessend als radioaktiver Abfall in die Schweiz zum KKL zurückgeführt und entsorgt wird. Das verbleibende Metall wird freigemessen. Das ENSI hatte vorgängig überprüft, dass die dabei angewendeten Kriterien mindestens gleich streng sind wie diejenigen der Richtlinie R-13. Auch in diesem Fall konnten alle Giess-

linge (16 t) freigegeben werden. Lediglich eine geringe Menge von 244 kg Schlacke und Filterstaub werden im Jahr 2009 zur weiteren Behandlung als radioaktiver Abfall ans KKL zurückgeschickt und konditioniert.

## 4.6 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des KKL ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werksareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung der Anlage hat das KKL die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Juni an der Werksnotfallübung EMIR die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Bei einem Erdbeben werden alle vier Stromübertragungsleitungen beschädigt. Da gleichzeitig die Turbine abgeschaltet wird, fällt der gesamte Eigenbedarf aus. Nur ein Notstromdiesel startet ordnungsgemäss und versorgt Teile des Eigenbedarfs. Im Maschinenhaus tritt an den Dampfleitungen ein Leck auf und ein Blocktrafo beginnt nach einem Kurzschluss zu brennen. Teilnehmer einer Besuchergruppe werden durch herabstürzende Kühlturmtteile verletzt. Die Betriebschicht muss versuchen, den Reaktor mit nur einem verfügbaren Notkühlwasser-System drucklos zu fahren. 80 Minuten später erfolgt ein Nachbeben. Durch einen Leitungsriss vor dem ersten Aktivkohlefilter der Abgasanlage strömt radioaktives Gas unkontrolliert ins Abgasfiltergebäude. Das Ausbildungs- und Informationszentrum sowie das Werkstattgebäude werden massiv beschädigt, so dass der Notfallstab eine Räumung beider Gebäude veranlasst. Auf Grund ihrer Übungsbeobachtungen identifizierten das ENSI wie auch das KKL einzelne Verbesserungsmöglichkeiten, wie z.B. das Vorsehen der Unterbringung von zu evakuierenden Personen. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss der Richtlinie B-11 erreicht wurden. Das KKL verfügt über eine zur Beherrschung von Störfällen geeignete Notfallorganisation.

Inspektionen haben gezeigt, dass die Abläufe zur Alarmierung der internen Notfallorganisation und zur Orientierung externer Stellen vollständig beschrieben und die Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen betriebsbereit sind. Im Dezember 2008 löste das ENSI im KKL ohne Voranmeldung

einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabs bestätigt wurde.

## 4.7 Personal und Organisation

### 4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr hat das KKL eine neue Abteilung «Support Technik und Sicherheit» mit zwei Ressorts gegründet. In der neuen Abteilung soll das vorhandene Fachwissen zu Sicherheitsanalysen und dem Nachweis der Übereinstimmung der Anlagensituation mit den Bewilligungs- und Auslegungsgrundlagen konzentriert werden, um Synergien zu nutzen. Andere grössere organisatorische Änderungen sind nicht durchgeführt worden. Ende 2008 beschäftigte das KKL 466 Personen (2007: 448).

Im Berichtsjahr hat das KKL das Leitbild zur Sicherheitskultur überarbeitet und ein Zehnjahresprogramm zur Förderung der Sicherheitskultur entwickelt.

Das Sicherheits-Controlling wird im KKL konsequent weitergeführt. Der Sicherheits-Controller hat keine operative Funktion, er verfolgt den Kraftwerksalltag durch Teilnahme an Besprechungen, durch Anlagenrundgänge und durch gezielte Hinterfragung und Überprüfung von Prozessen. Er nimmt auch Meldungen von Mitarbeitenden entgegen, welche auch anonym sein können. Er berichtet dem Kraftwerksleiter und dem Geschäftsführer periodisch über seine Feststellungen. Zudem werden die Ergebnisse des Sicherheits-Controllings dem internen Sicherheitsausschuss quartalsweise zugestellt und dort diskutiert.

### 4.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden fünf Reaktoroperateur-Anwärter des KKL unter behördlicher Aufsicht die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der Technikerschule des PSI. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Ausbildung und spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Vier weitere KKL-Mitarbeiter, die schon eine schweizerische Technikerausbildung oder eine höhere Ausbildung (dipl. Ing. Fachhochschule) besitzen, bestanden unter Aufsicht des ENSI die Prüfung über die kerntechnischen Grundlagen an der Kraftwerksschule Essen. Lerninhalte und Lehrpläne der Kraftwerksschule sind dem ENSI bekannt. Diese Ausbildung ergänzt die schon vorhandenen allgemeinen technischen Kenntnisse mit den spezifischen Kenntnissen auf den Gebieten Nuklear-

physik, Reaktortechnik und Strahlenschutz. Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 3 zusammengestellt.

Das Jahresprogramm der Wiederholungsschulung für das zulassungspflichtige Personal der Abteilung Betrieb des KKL wird vom ENSI regelmässig inspiziert. Dieses Jahr wurde besonderes Gewicht auf die Wiederholungsschulung am Anlagesimulator gelegt, da sie einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Kompetenz des Schichtteams zur Beherrschung von sicherheitsrelevanten Betriebssituationen und Störfällen liefert. Das ENSI hat keine Abweichungen von den Vorgaben festgestellt.

Wichtig für die Durchführung von Funktionsprüfungen, für die Störungsbehebung und für die Umsetzung des Freischalt- bzw. Absicherungsverfahrens ist ein gut ausgeprägtes Sicherheitsbewusstsein. Das ENSI inspizierte die diesbezügliche Aus- und Weiterbildung. Das KKL hat Methoden und Arbeitstechniken zur Vermeidung von Fehlern für das Personal der Abteilung Betrieb erstellt, sowohl für die Arbeit Einzelner als auch für die Arbeit in Gruppen. Für die Arbeit in Gruppen ist besonders eine systematische Arbeitsvorbesprechung nach einem einheitlichen Muster wichtig. Sie ist bei sicherheitsrelevanten Arbeiten vorgegeben, kann aber auch von Mitgliedern des Teams bei Unsicherheiten verlangt werden.

Die Fachabteilungen haben eigene, vereinfachte Techniken zur Vermeidung von Fehlern entwickelt. Da aus Sicht des ENSI eine vereinheitlichte Vorgehensweise bei fachübergreifenden Arbeitsvorbesprechungen das gemeinsame Verständnis für die bevorstehende Aufgabe verbessern und dadurch einen zusätzlichen Beitrag zur Sicherheit liefern kann, hat es vom KKL die Schaffung von übergeordneten Vorgaben für die Arbeitsvorbesprechung gefordert.

## 4.8 Sicherheitsbewertung

Für das Verständnis der Ergebnisse der systematischen Sicherheitsbewertung sind die Erläuterungen im Anhang wichtig.

Im Jahr 2008 beurteilte das ENSI über 160 Inspektionsgegenstände und Einzelaspekte von Vorkommnisabläufen bezüglich ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Bei der Beurteilung der einzelnen Inspektionsgegenstände und Vorkommnisaspekte kam das ENSI für die einzelnen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Matrix zu folgenden zusammenfassenden Beurteilungen:

Ziele	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Sicherheits Ebenen	Ebene 1		A	A	A
	Ebene 2		N	V	A
	Ebene 3			A	A
	Ebene 4		V	N	V
	Ebene 5		N	N	N
Barrieren	Integrität der Brennelemente			N	
	Integrität des Primärkreises		V	N	V
	Integrität des Containments			A	V
ebenen- oder barrierenübergreifende Bedeutung		V		V	V

Sicherheitsbewertung 2008 KKL:  
Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Zellen ohne Bewertung bedeuten, dass sich keine Inspektionsergebnisse auf die entsprechenden Zellen beziehen und keine Vorkommnisse eine Bedeutung für diese Zellen hatten. Das ENSI verfolgt aber im Rahmen seiner gesamten Aufsichtstätigkeit den Zustand aller Zellen der Sicherheitsbewertungsmatrix. Im Folgenden werden jene Zellenbewertungen begründet, die in die Kategorien A (Abweichung) und höher gehören. Die aufgeführten Sachverhalte sind in den Unterkapiteln 4.1 bis 4.7 ausführlicher behandelt. Jeder Sachverhalt ist sowohl für Sicherheitsebenen oder Barrieren als auch für Schutzziele von Bedeutung.

Ebene 1, Betriebsvorgaben: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Planungsvorgaben, welche im Revisionsstillstand eine zu kurze Zeit für die Abkühlung eines Systems vorsahen, führten bei mehreren mit Instandhaltungsarbeiten beschäftigten Personen zur Inkorporation geringer Mengen an Aerosolen.

Ebene 1, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Bei der Handhabung von Brennelementen wurde der Haltegriff eines Brennelements verbogen, was das Öffnen des Greifers behinderte. Die Brennstäbe wurden dabei aber nicht beschädigt.
- Eine Undichtheit an einem Ventil eines Brennelementantriebs führte zum Eindriften eines Steuerstabs in den Reaktorkern.

Ebene 1, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Nach dem Revisionsstillstand wurde im Kernüberwachungssystem zunächst eine Datei ver-

wendet, welche in einem Punkt Parameter enthielt, die sich auf den letzten Zyklus bezogen. Der Fehler führte nicht zur Verletzung sicherheitsrelevanter Grenzwerte.

Ebene 2, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die bei Ebene 1 beschriebene Verwendung einer falschen Datei im Kernüberwachungssystem ist auch von Bedeutung für die Ebene 2.

Ebene 3, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Ein Kurzschluss auf einer Leiterplatte führte dazu, dass der Antrieb eines Schiebers an einer Leitung vom Kaltkondensatbehälter zum Reaktorkernisoliations-Kühlsystem nach dem Erreichen der Offen-Stellung nicht abschaltete. Deshalb sprach die Leistungssicherung des Stellantriebs an. Im Anforderungsfall hätte das Reaktorkernisoliations-Kühlsystem seine Aufgabe erfüllt.

- In einem Rohrkanal, über welchen der bei einem Leitungsbruch im Bereich des Reaktorwasserreinigungssystems oder des Nachwärmeabfuhrsystems entstehende Überdruck abgeführt wird, war eine Arbeitsplattform eingebaut, die im Anforderungsfall zu einer Strömungsbehinderung geführt hätte.

- Ein Dreiweg-Ventil einer Kälteanlage, die auch zur Kühlung der Raumluft einer Notsteuerstelle dient, funktionierte im Schwachlastbereich nicht korrekt. Im Anforderungsfall wäre die Raumkühlung jedoch gewährleistet gewesen.

Ebene 3, Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- Die beim Zustand und Verhalten der Anlage beschriebene Arbeitsplattform in einem Rohrkanal war zu einem früheren Zeitpunkt eingebaut worden, ohne dass die Zulässigkeit des Einbaus damals korrekt abgeklärt worden war.

- Der beim Zustand und Verhalten der Anlage beschriebene Funktionsfehler eines Dreiweg-Ventils war darauf zurückzuführen, dass es in einer falschen Lage montiert worden war.

Integrität des Containments, Zustand und Verhalten der Anlage: Kategorie A der ENSI-Sicherheitsbewertungsskala

- In der Wand eines Pumpenraums des Niederdruck-Kernsprühsystems trat an einer Stelle, an der zwei nacheinander betonierete Wände aufeinandertreffen, ein Riss auf. Die Dichtheitsanforderungen an das Sekundärcontainment waren dennoch erfüllt.

Dieselben Sachverhalte, die oben aus der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet worden sind, lassen sich auch aus der Schutzziel-Perspektive zuordnen. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

	Bewertungsgegenstand	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
		Auslegungsvorgaben	Betriebsvorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
	Ziele				
Schutzziele	Kontrolle der Reaktivität		V	A	V
	Kühlung der Brennelemente		V	A	A
	Einschluss radioaktiver Stoffe		A	A	A
	Begrenzung der Strahlenexposition		A	V	V
	schutzzielübergreifende Bedeutung	V	N	A	V

Sicherheitsbewertung 2008 KKL:

Schutzziel-Perspektive

Anmerkung: alternative Darstellung derselben Sachverhalte wie in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge

Alle Schutzziele waren im Berichtsjahr jederzeit vollumfänglich gewährleistet.

Für das Kernkraftwerk Leibstadt zeigt die Gesamtbeurteilung der **Anlage** im Jahr 2008 mehrere unterschiedliche Schwachstellen. Diese lagen alle innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen. Es sind keine übergeordneten Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Fehlern zu finden. Die Gesamtbeurteilung von **Mensch und Orga-**

**nisation** zeigt eine Schwachstelle bei den Betriebsvorgaben, die bei Instandhaltungspersonal zur Inkorporation geringer Mengen an Aerosolen geführt hat, sowie einige Abweichungen im Betriebsgeschehen.

Das Risiko des KKL ist sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung basiert auf der aktuellen PSA des KKL (siehe Kap. 11.1).

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und über das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung, welche nach Strahlenschutzgesetzgebung in jedem Fall als optimiert und gerechtfertigt gilt.

Aus Sicht des Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen des Revisionsstillstands gut durchgeführt. Unter Berücksichtigung des Arbeitsumfangs ist die Strahlenexposition des Personals vergleichbar mit den Vorjahren. Das ENSI bestätigt, dass diese Exposition im Sinne der Strahlenschutzverordnung gerechtfertigt, optimiert und innerhalb der vorgegebenen Grenzen ist.

Das ENSI stellt fest, dass im KKL während des Jahres 2008 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Es attestiert dem KKL eine gute Betriebssicherheit.



Ein Transport- und Lagerbehälter wird mit dem Kran in die Lagerhalle für hochaktive Abfälle gestellt.  
Foto: ZWILAG

## 5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG) umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage (Plasma-Anlage).

### 5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude der ZWILAG dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien über mehrere Jahrzehnte hinweg. Sie umfassen die Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung, das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle. Zum Zwischenlagerteil gehören auch das Empfangsgebäude und die so genannte heisse Zelle. Der Einlagerungsbetrieb wurde 2001 aufgenommen.

Ende 2007 befanden sich 28 Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in der Behälterlagerhalle. Im Be-

richtsjahr wurden drei weitere TL-Behälter eingelagert. Das ENSI hat die entsprechenden Einlagerungsanträge geprüft und während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt. Dabei stellte das ENSI fest, dass die Arbeiten vorschriftsgemäss ausgeführt wurden. Der Lagerbestand betrug per Ende 2008 somit 31 TL-Behälter, wovon 5 CASTOR- und 3 TN-Behälter mit insgesamt 224 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen bei AREVA NC (La Hague), 22 TN-Behälter mit insgesamt 1625 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb der KKW sowie 1 CASTOR-Behälter mit den abgebrannten Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des PSI.

Neben den erwähnten Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen befinden sich in der Behälterlagerhalle seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchatomkraftwerk Lucens.

Per Ende 2007 befanden sich insgesamt 3814 Abfallgebände im Lagergebäude für mittelaktive

Abfälle (MAA-Lager). Im Jahr 2008 wurden weitere konditionierte Abfallgebinde aus den Abfalllagern der Werke zum ZWILAG transportiert und im MAA-Lager eingelagert. Auch die während der beiden erfolgreichen Verbrennungskampagnen in der Plasma-Anlage erzeugten Abfallgebinde wurden hier eingelagert. Ende 2008 betrug der Bestand im MAA-Lager 5228 Gebinde.

Die ZWILAG will die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle zunächst während mehrerer Jahre als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien nutzen. Der Ausbau ist deshalb wie in früheren Jahren auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. In diesem Lager werden zurzeit 216 leere Abfallfässer aufbewahrt, die in den nächsten Monaten dekontaminiert und entsorgt werden.

## 5.2 Konditionierungsanlage

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb und aus der späteren Stilllegung der schweizerischen

Kernkraftwerke sowie bei Bedarf von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung, die keine Alphastrahler enthalten.

Im Berichtsjahr wurde die Konditionierungsanlage wie folgt genutzt:

- Das Hochregallager der Konditionierungsanlage wurde als Eingangslager für Rohabfälle benutzt. Zu einem späteren Zeitpunkt werden diese ins Hochregallager der Plasma-Anlage transferiert und von dort der Verbrennung zugeführt.
- Sekundärabfälle aus dem Betrieb der Lager sowie der Konditionierungsanlage und der Plasma-Anlage wurden im Hinblick auf eine spätere Endkonditionierung verarbeitet und verpackt. Insbesondere wurde die ausgetauschte Ofenausmauerung aus der Plasma-Anlage in 4 Klein-Container (KC-T12) einzementiert.
- Ebenso werden hier ausgebaute Anlagenteile aus allen Bereichen der ZWILAG dekontaminiert und der Reparatur oder der Entsorgung zugeführt.
- Rund 1000 leere, vom PSI nicht mehr gebrauchte Fässer, die im Rahmen einer Vereinbarung von der ZWILAG übernommen und im Lager für

Die Deckel der Transport- und Lagerbehälter sind mit Messeinrichtungen versehen.  
Foto: ZWILAG



schwach- und mittelaktive Abfälle aufbewahrt waren, wurden zerlegt und freigemessen.

- Abschirmsteine aus dem KKM, die eine aktivierte Metallummantelung aufwiesen und nicht freigemessen werden konnten, wurden in Klein-Container (KC-T12) einzementiert.

### 5.3 Plasma-Anlage

Die Plasma-Anlage ist auf das Verbrennen und Schmelzen von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung ausgelegt. Die Rohabfälle werden dabei unter Volumenreduktion in eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform ohne organische Stoffanteile überführt.

Im Berichtszeitraum wurden wiederum eine Frühjahrs- und eine Herbstkampagne durchgeführt. Die Arbeiten verliefen planmässig, was sich in der erfolgreichen Verarbeitung von 1030 Abfallfässern zu 229 konditionierten Gebinden ausdrückt. Dies entspricht etwa dem Anfall aus drei Betriebsjahren aller schweizerischen Kernanlagen. Das verarbeitete Abfallvolumen konnte somit gegenüber dem Vorjahr nochmals leicht erhöht werden. Im Rahmen der Verarbeitungskampagne im Frühjahr wurden erstmalig auch schmelzbare Rohabfälle verarbeitet. Die dabei durchgeführten Versuche erforderten anschliessend einen teilweisen Austausch der Ofenausmauerung. In der Herbstkampagne wurden die gewonnenen Erkenntnisse umgesetzt: Durch eine veränderte Beschickungs- und Betriebsweise konnte auch bei diesen anspruchsvollen Abfällen der Verschleiss in der Anlage auf ein geringes Mass reduziert werden.

Die vor der endgültigen Freigabe zum uneingeschränkten Dauerbetrieb jetzt noch offenen Pendenzen beziehen sich ausschliesslich auf die Erstellung verschiedener Dokumente und deren anschliessende Prüfung durch das ENSI.

### 5.4 Strahlenschutz

In der aktuellen Berichtsperiode wurde in der ZWILAG eine Kollektivdosis von 27,1 Pers.-mSv akkumuliert. Der für das Jahr 2008 geschätzte Wert von 31,4 Pers.-mSv wurde damit unterschritten. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 3,5 mSv. Im Kalenderjahr 2008 wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen

Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die radiologische Sauberkeit der Oberflächen und der Atemluft in den kontrollierten Zonen der ZWILAG wird durch die regelmässigen Probenahmen durch das Strahlenschutzpersonal bestätigt. Es gab keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Zu den im Berichtsjahr ausgeführten strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten des Lager-Betriebs zählen u.a. der Umgang mit Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente, die Anlieferung von radioaktiven Stoffen zur weiteren Verarbeitung, die Konditionierung von radioaktiven Abfällen sowie die Verbrennungs- und Schmelzkampagnen in der Plasma-Anlage. Bei den Konditionierungsarbeiten konnten nach Dekontamination und Ausmessen ein Teil des angelieferten Materials als nicht radioaktiv freigegeben und als konventioneller Abfall entsorgt werden. Dank Optimierungen im Betrieb der Plasma-Anlage konnten im Berichtsjahr bei vergleichbarer Kollektivdosis deutlich mehr Abfallfässer als geplant verarbeitet werden.

Alle Tätigkeiten wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse mehrerer Inspektionen bestätigen, dass bei der ZWILAG ein moderner Strahlenschutz praktiziert wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die quartalsweise vom ENSI durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den von der ZWILAG gemeldeten Analyseergebnissen. Die auf Grund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZWILAG betragen weniger als 0,001 mSv für Erwachsene und Kleinkinder und lag somit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv. Die ZWILAG und das PSI teilen einen gemeinsamen Standort; die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort mittels Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) wird vom PSI durchgeführt. Die TLD in der Umgebung und am Arealzaun des zentralen Zwischenlagers der ZWILAG zeigten keine dem Betrieb der beiden Anlagen zuzuschreibende Erhöhung gegenüber der Untergrundstrahlung. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthalts-

räume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden somit in jedem Fall eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des Standortes PSI/ZWILAG wird auf den Strahlenschutzbericht 2008 des ENSI verwiesen.

## 5.5 Notfallbereitschaft ZWILAG

Die Notfallorganisation der ZWILAG ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen zusammen mit einer optimalen Auslegung der Anlage hat die ZWILAG die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Das ENSI hat im Juni 2008 während der Stabsnotfallübung PEGASUS die Notfallorganisation der ZWILAG beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: An der Fass-Schneideeinrichtung der Plasma-Anlage ereignet sich eine heftige Explosion. Zwei Personen der Schichtmannschaft werden nach dem Ereignis vermisst. Massnahmen zur Verletztenbergung, Beurteilung der radiologischen Situation und Brandbekämpfung werden durch den Notfallstab veranlasst. Das Szenario der Notfallübung und die Be-

übung der neuen Notfallgruppen der Notfallorganisation war anspruchsvoll. Das ENSI kam zum Schluss, dass die Übungsziele gemäss Richtlinie B-11 erreicht wurden.

Im Dezember 2008 löste das ENSI im ZWILAG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des ZWILAG-Notfallstabes bestätigt wurde.

## 5.6 Personal und Organisation

Der Personalbestand der ZWILAG beläuft sich Ende 2008 auf 56 Stellen. Der Verwaltungsrat der ZWILAG hatte 2006 beschlossen, den Personalbestand bis Ende 2010 von damals 31 auf 57 Stellen zu erhöhen, um die Abhängigkeit von Fremdpersonal zu reduzieren und Parallelarbeiten in mehreren Betriebsteilen durchführen zu können. Die sorgfältig vorbereitete Einarbeitung von neuen Mitarbeitern hat massgeblich dazu beigetragen, das gute Betriebsergebnis unter Einhaltung aller Sicherheitsvorschriften und ohne Vorkommnisse zu erreichen. Insbesondere können nun während des 24-Stunden-Schichtbetriebs der Plasma-Anlage auch noch andere Arbeiten durchgeführt werden. Bei keiner der durchgeführten Inspektionen wurden Befunde im Bereich Personal und Organi-



Zwei Schnittmodelle von Transportbehältern: links Behälter für abgebrannte Brennelemente; rechts Behälter für Glaskokillen.

Foto: Nagra

sation festgestellt. Die Organisation der Arbeiten, die Betriebsführung und die Dokumentation sind in einem einwandfreien Zustand.

## 5.7 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen AREVA NC und SL (Sellafield Ltd.; ehemals BNFL/BNGS) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Die dabei entstehenden Abfälle müssen gemäss den Verträgen in die Schweiz zurückgeführt werden. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei AREVA NC stehen für die Rückführung bereit, andere Abfallarten, auch von Sellafield, folgen demnächst. Experten des ENSI begleiten stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Abfälle sowie die Beladung der Behälter.

Mit den bisherigen Transporten hat die Schweiz rund 50 % ihrer Verpflichtungen gegenüber AREVA NC für die Rücknahme hochaktiver Abfälle erfüllt. Weitere Transporte zur ZWILAG werden erst ab 2013 stattfinden.

Im Jahr 2009 wird die Rücklieferung von mittelaktiven verpressten Abfällen der AREVA NC beginnen. Das ENSI hat die von der ZWILAG eingereichten Unterlagen zur Zwischenlagerung dieser Abfälle überprüft und sich überzeugt, dass die entsprechende Voraussetzung aus dem Vorabklärungsbe-

scheid erfüllt ist. Die Beherrschung der unterstellten Störfälle im Lager wurde nachgewiesen.

Für die Rückführung der Abfälle von Sellafield machen die schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber von der Möglichkeit der Substitution Gebrauch: An Stelle der schwach- und mittelaktiven Abfälle wird eine toxisch gleichwertige, aber volumemässig viel kleinere Menge an verglasten, hochaktiven Abfällen in die Schweiz zurückgeführt und so die Anzahl der Transporte stark reduziert. Erste Rücktransporte der Glaskokillen von Sellafield sind ab 2011 geplant.

## 5.8 Gesamtbeurteilung

In die Behälterlagerhalle der ZWILAG werden Transport- und Lagerbehälter routinemässig eingelagert. Der Zustand aller Anlagenteile ist bezüglich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes gut. Die Betriebsführung erfolgte vorschriftsgemäss.

Die Tätigkeiten in der Konditionierungs- sowie in der Plasma-Anlage nehmen inzwischen einen erheblichen Teil an den Gesamtaktivitäten der ZWILAG ein. Der Betrieb erfolgte auch hier ohne Störungen.

Das ENSI beurteilt die Erfüllung der Strahlenschutzaufgaben als gut. Die erforderliche Notfallbereitschaft ist gegeben. Das Managementsystem ist etabliert und die notwendigen Personalausbildungen finden statt, insbesondere auch vor dem Hintergrund der nahezu abgeschlossenen Vergrösserung des eigenen Stammpersonals.





Arbeiten am  
Forschungsreaktor  
PROTEUS.  
Foto: PSI

## 6. Paul Scherrer Institut (PSI)

### 6.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist das grösste eidgenössische Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet es in den Bereichen Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung, Biowissenschaften sowie Strahlenmedizin. Der Nullleistungs-Forschungsreaktor PROTEUS, das zur Untersuchung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Werkstoffen spezialisierte Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Berichtsjahr wurden keine gemäss Richtlinie R-25 klassierten Vorkommnisse verzeichnet.

### 6.2 Forschungsreaktor PROTEUS

Der Betrieb des Forschungsreaktors PROTEUS war im Jahr 2008 geprägt durch grosse personelle Wechsel. Ende 2008 waren die Abgänge ersetzt und 2 Reaktortechniker und 4 Reaktorphysiker für den PROTEUS zugelassen. Durch den personellen Wechsel ergab sich auch eine deutliche Verzögerung im Projekt PROTEUS Upgrade. Ferner hat das PSI einen Strategiewechsel in diesem Projekt vorgenommen, indem es die Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren trennt, wodurch die Projektplanung und Projektausführung entflochten werden. Der Reaktor wurde im Jahr 2008 während 40 Stunden betrieben (2007: 30 h; 2006: 25 h) und erbrachte dabei eine integrierte Leistung von 5,8 kWh. Die Kollektivdosis für 10 Personen betrug 1,8 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 0,4 mSv. Das ENSI inspizierte die vorgeschriebenen Prü-

fungen des Reaktorschutzes und den Funktionsnachweis für den Einsatz abgebrannter Brennstabsegmente im Experiment WOLF-B. Die Tests verliefen nach Vorschrift und die Dokumentation im Reaktorjournal entsprach den Vorgaben.

### 6.3 Hotlabor

Im Hotlabor werden hochradioaktive Substanzen gehandhabt. Hauptsächlich werden in Reaktoren oder Beschleunigern bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe mit unterschiedlichen Methoden makro- und mikroskopisch untersucht.

Betreiberin des Hotlabors ist die per 1.1.2008 neu gebildete *Abteilung Hotlabor (AHL)*. Sie entstand aus dem Labor für Werkstoffverhalten durch Abtrennung des *Forschungslabors für nukleare Materialien (LNM)*. Alle Nutzer des Hotlabors sind jedoch in sicherheitstechnischer Sicht dem Anlagenleiter AHL unterstellt.

Von Mitte Mai bis September fanden Revisionen der Hotzellen 1 und 2 statt. Dabei wurden die durch Strahlungsversprödung beanspruchten Teile ersetzt. Die Kollektivdosis der im Hotlabor beschäftigten 38 Personen betrug 17,6 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 2,7 mSv.

Das ENSI hat sich bei mehreren Inspektionen im Hotlabor über die Strahlenmesstechnik, das Abwassersystem sowie den Empfang radioaktiver Stoffe informiert. Verbesserungsbedarf zeigte sich nebst den vom PSI bereits eingeleiteten Anpassungen beim Abwassersystem auch bei Strahlendosismessgeräten. Das ENSI wird eine Stellungnahme zum Sicherheitsbericht des Hotlabors erstellen.

### 6.4 Stillgelegte oder im Rückbau stehende Kernanlagen

Beim Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR ist im Jahr 2008 der Abbruch des Reaktorbeckens und der biologischen Abschirmung, d.h. Teilschritt 4, abgeschlossen worden. Dabei wurde der aktivierte Beton im Bereich des Reaktorstandortes aus der Bodenplatte herausgebrochen und als radioaktiver Abfall entsorgt. Die geforderten Nachweise über die Integrität der Statik des Baus wurden erbracht. Die Grundwasserüberwachung wurde mit dem Abschluss des Teilschritts 4 wie geplant eingestellt. Die Resultate der Umweltüberwachung zeigten keine wesentlichen radiologischen Unterschiede zum natürlichen Untergrund.

Im Berichtsjahr wurden die Reaktorhalle und Räume des DIORIT so weit vorbereitet, dass bei den Rückbauarbeiten die Gefahr einer Asbestinhalation vermieden wird. Zu diesem Zweck wurden eine Material- und Personenschleuse eingebaut und die Lüftung teilweise umgebaut. Die im DIORIT gelagerten und beladenen Abfallcontainer wurden – bis auf drei – ins Bundeszwischenlager BZL transportiert. Anfang Dezember 2008 begann der Rückbau unter «Asbestbedingungen». Es zeichnete sich gegen Ende Dezember ein Verbesserungsbedarf im personellen Bereich ab.

Der Betrieb der Versuchsverbrennungsanlage des PSI wurde Ende 2002 eingestellt. Die Überwachung der gesicherten abgestellten Kernanlage erfolgt routinemässig durch die Sektion Rückbau und Entsorgung. Im Jahre 2008 wurde das Gebäudedach instand gesetzt.

### 6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

Seit Anfang 2008 ist die Sektion Rückbau und Entsorgung am PSI als Inspektionsstelle zur Beurteilung radioaktiver Abfälle und Abfallbehälter nach ISO/IEC 17020 akkreditiert.

Das PSI ist die Sammelstelle des Bundes für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie aus dem militärischen Bereich (MIF-Abfälle). Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus den Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Dazu gehören z.B. LüftungsfILTER und Abfälle aus der Abwasserbehandlung. Alle genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, so dass vor ihrer Endkonditionierung oft eine Triage und Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem ergeben sich unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte, was ein im Vergleich zur Behandlung von Abfällen aus den Kernkraftwerken umfangreicheres und häufig änderndes Spektrum an Abfallgebindetypen bedingt.

Im Jahr 2008 wurden insgesamt 73,9 m<sup>3</sup> nicht konditionierte Abfälle angeliefert, wovon 16 m<sup>3</sup> aus dem Aufsichtsbereich des Bundesamts für Gesundheit und der Suva sowie 57,9 m<sup>3</sup> aus dem PSI stammen. Im Zuge der Brandschutznachrüstung im Gebäude OBGA inspizierte das PSI die Rohab-

fälle eingehend. Dabei wurde das Inventar in der Abfalldatenbank aktualisiert, wobei 4,74 m<sup>3</sup> Abfälle aus dem PSI und 10,14 m<sup>3</sup> aus dem Bereich des BAG nachzubuchen waren. Neben der Konditionierung am PSI wurden 28 m<sup>3</sup> Abfälle zur Behandlung in der Plasma-Anlage der ZWILAG aussortiert, verpresst und dorthin abgegeben.

Im Berichtsjahr hat das PSI 9 m<sup>3</sup> endkonditionierte Gebinde produziert und ins BZL eingelagert. Des Weiteren wurde die Übernahme von insgesamt 4 Lieferungen von MIF-Abfällen, die ausserhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI (vor-)konditioniert worden waren sowie die Nachdokumentation eines Abfallgebindetyps (ISOLDE-Target CERN) durch das ENSI genehmigt.

Die Kollektivdosis der 7 Personen, die beim Rückbau der beiden Forschungsreaktoren und der Behandlung radioaktiver Abfälle beteiligt waren, betrug 1.5 Pers.-mSv, die höchste Individualdosis 0.7 mSv.

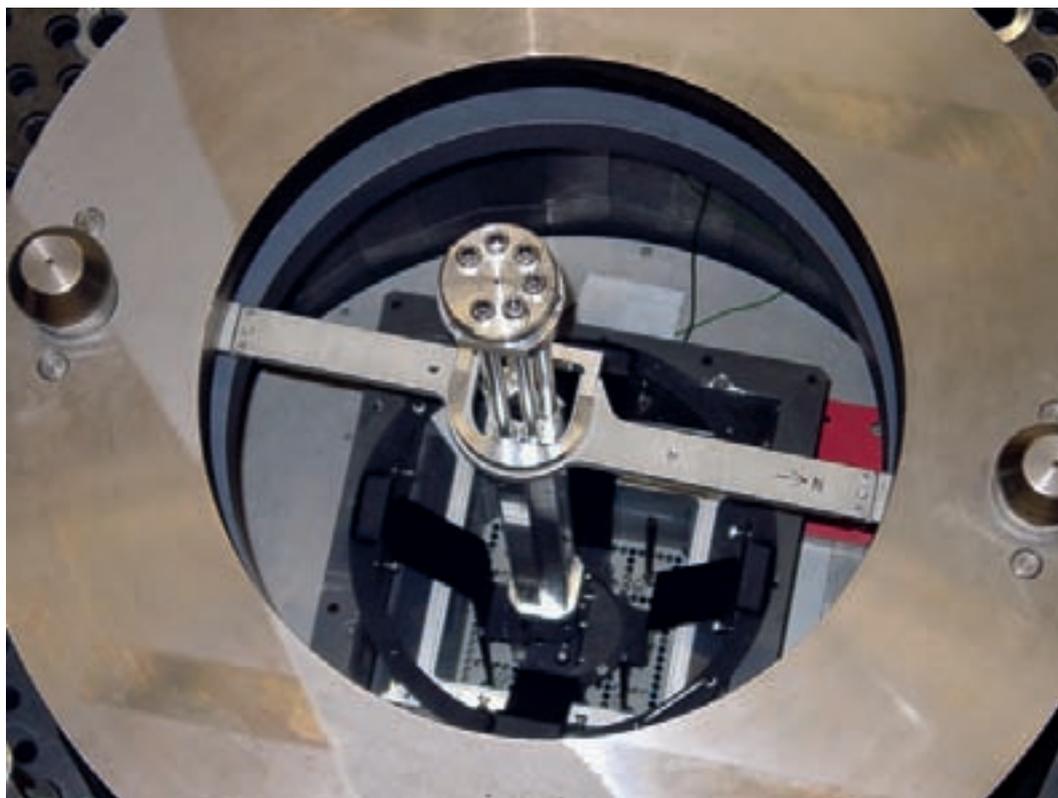
Im Berichtsjahr wurde mit 28,75 t im Vergleich zum Vorjahr deutlich weniger Material gemäss der Richtlinie R-13 freigemessen. Dies weitgehend deshalb, weil der Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR abgeschlossen ist. Der grösste Teil des freigemessenen Materials stammt aus der Nachrüstung zum Schutz vor Asbest beim Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT. Weiteres Material konnte aus der Sanierung der Lagerhallen für ra-

dioaktive Abfälle sowie die der Lüftung des Hotlabors freigemessen werden. Eine Freimessung wurde vom ENSI inspiziert, wobei Normalität festgestellt wurde.

## 6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend 200-Liter-Fässer und Kleincontainer (bis 4,5 m<sup>3</sup>) mit konditionierten Abfällen eingelagert. Fallweise werden unkonditionierte Komponenten in Kleincontainern temporär aufbewahrt. Das ENSI hat der Aufbewahrung nicht endkonditionierter Abfälle im BZL zugestimmt, sofern dies dem Optimierungsgebot nach Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung entspricht. Der mit 200-Liter-Fässern belegte Raum war Ende 2008 wie Ende 2007 zu 82 % gefüllt. In weiteren Hallen lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle.

Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, so dass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist; das PSI berichtet dem ENSI vierteljährlich über die Lagerung radioaktiver Abfälle.



Versuchseinrichtung  
im Reaktor PROTEUS.  
Foto: PSI

## 6.7 Strahlenschutz

Im Jahr 2008 akkumulierten die 1454 beruflich strahlenexponierten Personen des PSI eine Kollektivdosis von 136,3 Pers.-mSv (2007: 154,4 Pers.-mSv). Davon stammen 25,4 Pers.-mSv aus dem Aufsichtsbereich des ENSI (2007: 18,9 Pers.-mSv); die höchste Individualdosis betrug 4,6 mSv. Weitere Angaben zu den Personendosen sind im Strahlenschutzbericht des ENSI zu finden.

Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von rund 0,005 mSv/Jahr berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr gemäss PSI-Abgabereglement.

## 6.8 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bewältigung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Organisation, geeigneten Führungsprozessen und -einrichtungen und einer entsprechenden Auslegung seiner Anlagen im Aufsichtsbereich des ENSI hat das PSI die Notfallbereitschaft sicherzustellen.

Das ENSI hat im September an der Stabsnotfallübung WABRA zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Bei der Übung wurde folgendes Szenario unterstellt: Infolge eines wiederaufflammenden Waldbrandes frisst sich eine Feuerfront rasend schnell im dünnen Unterholz auf einer breiten Front in Richtung des Areal PSI-Ost. Der gesamte Notfallstab des PSI wird aufgeboten. Dieser ordnet die Evakuierung des Areals Ost an. Kurz darauf wird eine Frontalkollision eines Tanklöschfahrzeugs mit mehreren Fahrzeugen gemeldet. Es gibt Verletzte und die Brücke war blockiert. Das ENSI und das BAG kamen zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

## 6.9 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr hat das Sicherheitskomitee des PSI seine Arbeit aufgenommen. Der Abteilungsleiter

Strahlenschutz und Sicherheit ist der delegierte Strahlenschutzsachverständige. Er wird durch drei weitere Strahlenschutzsachverständige unterstützt. Das PSI konnte im Jahre 2008 den Betriebsstrahlenschutz für die Kernanlagen personell verstärken und kam damit einer Forderung des ENSI nach. Zudem wurden in der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit die Gruppe Expertisen und Support gegründet; die Gruppe Gefahrguttransporte befasst sich nun mit allen Transportklassen. Das ENSI begrüsst die vorgenommenen organisatorischen Änderungen.

## 6.10 Strahlenschutz-Schule

Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im Bereich Medizin und Forschung auch der vom ENSI anerkannte Ausbildungskurs zum Strahlenschutz-Techniker durchgeführt. Von den 8 Teilnehmenden waren einer aus dem PSI und fünf aus den schweizerischen Kernkraftwerken. Das ENSI hat die Qualität des Unterrichts beurteilt, die Prüfungen beaufsichtigt und der Schule ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen attestiert.

## 6.11 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit im PSI war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen als auch auf das Betriebsgeschehen gut. Die Betriebsstörungen und Befunde waren für das Personal und die Kernanlagen von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Die radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung waren unbedeutend. Das ENSI begrüsst die getroffenen Massnahmen zur Verstärkung des Betriebsstrahlenschutzes.

Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS und der Betrieb des Hotlabors verliefen störungsfrei. Die Sicherheit der Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle am PSI entwickelt sich durch die Akkreditierung der Sektion Rückbau und Entsorgung als Inspektionsstelle zur Beurteilung radioaktiver Abfälle und Abfallbehälter positiv. Das ENSI hat bei Inspektionen im Bereich Strahlenschutz und nukleare Sicherheit festgestellt, dass das Personal der Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen kompetent Rechnung trägt. Die Planung, Vorbereitung und Umsetzung neuer Projekte wird angemessen unterstützt.

# 7. Weitere Kernanlagen

## 7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die Kernanlagen der EPFL umfassen den Forschungsreaktor CROCUS, das Neutronenexperiment CARROUSEL, die Neutronenquelle LOTUS und die angegliederten Labors. Diese Anlagen sind dem LRS (Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes) zugeteilt, das dem Institut de physique de l'énergie et des particules (IPEP) angehört. Im Jahr 2008 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf, Studenten des Departements für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETHZ und neu auch Studenten des Swiss Nuclear Engineering Masterkurses der ETHZ/EPFL während 169 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 233 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurden 2008 modernisiert und steht für Praktika zur Wirkung von Wasser als Neutronenmoderator zur Verfügung. Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb. Im Berichtsjahr legte ein EPFL-Mitarbeiter die Zulassungsprüfung zum Reaktorphysiker für den Forschungsreaktor CROCUS unter behördlicher Aufsicht mit Erfolg ab. Der Kandidat besitzt einen Hochschulabschluss als Physiker und wurde am Forschungsreaktor ausgebildet. Die Prüfung bestand aus einem theoretischen Teil über anlage-spezifische Kenntnisse, einem praktischen Teil mit Kritischfahren des Reaktors und im Einsatz als Notfallleiter im Rahmen einer Notfallübung. Im Jahr 2008 traten keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss Richtlinie R-25 auf. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im November 2008 stellte das ENSI fest, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen und sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten wurden.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2008 eingehalten wurden. Es

bescheinigt den Kernanlagen der EPFL eine gute Betriebssicherheit.

## 7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten und zur Neutronenaktivierungsanalytik.

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht verändert. Im Jahr 2008 betrug die produzierte Energie 23,8 kWh (2007: 36,9 kWh; 2006: 36,6 kWh; 2005: 18 kWh). Neben der Nutzung durch das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt zur Qualitätsprüfung von Lebensmitteln wurden im Berichtsjahr Studenten in zwei Ausbildungskursen in der Neutronenaktivierungsanalytik ausgebildet. Die PSI-Reaktorschule nutzte die Anlage im Rahmen ihres erweiterten Ausbildungsprogramms an zwei mehrtägigen Praktika. Zudem wurden im Rahmen von Strahlenschutz-Ausbildungskursen Bestrahlungen und radiologische Messungen durchgeführt.

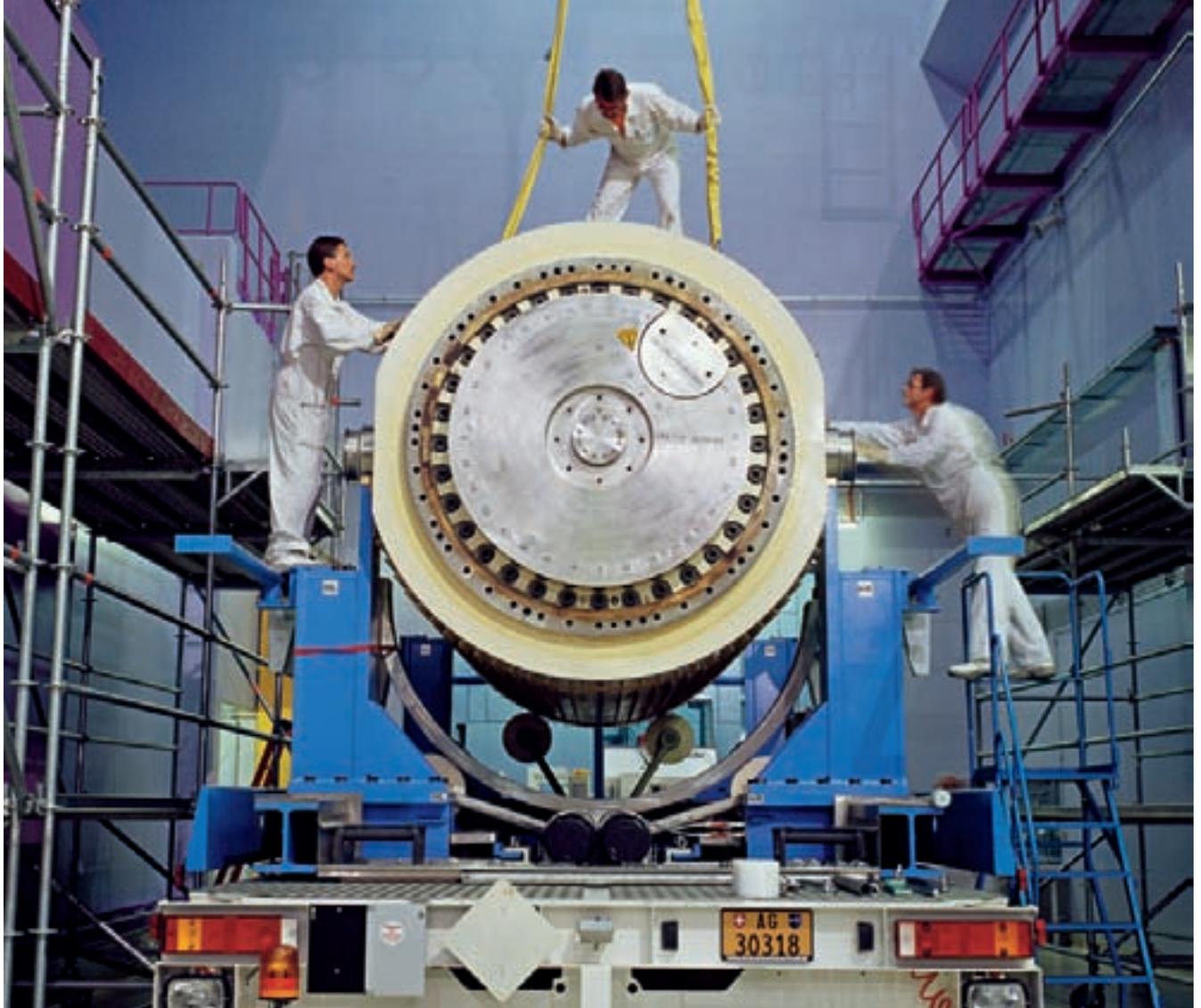
Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2008 störungsfrei bei einer thermischen Leistung von rund 1 kW. Es wurden zweimal umfassende Kontrollen des Reaktorschutzes durchgeführt und einmal die Reaktorwasseraktivität überprüft. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgaben radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Abwasserpfad waren unbedeutend.

Im Berichtsjahr legte ein Institutsmitarbeiter die Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur für den Forschungsreaktor unter behördlicher Aufsicht mit Erfolg ab. Der Kandidat wurde sowohl in den kerntechnischen Grundkenntnissen als auch den anlagespezifischen theoretischen und praktischen Kenntnissen im eigenen Institut ausgebildet. Die Prüfung bestand aus einem theoretischen Teil über kerntechnische Grundkenntnisse und anlagespezifische Kenntnisse des Forschungsreaktors sowie einem praktischen Teil durch Vorbereiten und Kritischfahren des Forschungsreaktors.

An seiner Jahresinspektion 2008 überprüfte das ENSI, ob die Bestrahlung von Materialproben im Forschungsreaktor der Universität Basel sowie der weitere Umgang mit den bestrahlten Proben aus Sicht des Strahlenschutzes optimal geplant, vorbe-

reitet, durchgeführt, überwacht und protokolliert wurde. Die Inspektion ergab, dass der Strahlenschutz bei der Bestrahlung und der nachträglichen Handhabung der Proben fachgerecht durchgeführt wurde.

Das ENSI stellte fest, dass die Betriebsbedingungen im Jahr 2008 eingehalten wurden. Es bescheinigt dem Forschungsreaktor eine gute Betriebssicherheit.



Umladen eines Transportbehälters im Empfangsgebäude des zentralen Zwischenlagers der ZWILAG.  
Foto: ZWILAG

## 8. Transport von radioaktiven Stoffen

### 8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren u.a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR<sup>1</sup>) bzw. mit der Eisenbahn (RID<sup>2</sup>). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1<sup>3</sup>) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gelten u.a. die SDR<sup>4</sup> und die RSD<sup>5</sup>. Die nach diesen Rechtsvorschriften erforderlichen Genehmigungen betreffen je nach Anwendungs-

fall die Versandstücke und/oder den Beförderungsvorgang. Sie bilden eine Voraussetzung für die ebenfalls erforderlichen Bewilligungen nach Kernenergie- oder Strahlenschutzgesetz (vgl. folgende Kapitel). Das ENSI ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und das unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt. Derzeit findet in der Schweiz keine Fertigung von zulassungspflichtigen Versandstücken statt. Die umfassende Zulassung derartiger Behältertypen im Ursprungsland ist somit nicht Aufgabe des ENSI. Dagegen ist häufig eine Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslandes ausgestellten Zulassung von Versandstückmustern er-

<sup>1</sup> Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse

<sup>2</sup> Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

<sup>3</sup> IAEA Safety Standards Series: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2005 Edition, Safety Requirements TS-R-1

<sup>4</sup> Verordnung vom 29. November 2002 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SR 741.621)

<sup>5</sup> Verordnung vom 3. Dezember 1996 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (SR 742.401.6)

forderlich. Dabei prüft das ENSI die Vollständigkeit des zugehörigen Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und TS-R-1 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung auf Grund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen werden zur Einhaltung aller Anforderungen für den Transport spezielle zusätzliche Massnahmen durch das ENSI festgelegt. Zudem wird anhand der eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 12 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und in 11 Fällen die Genehmigung ausgestellt. Davon betrafen 8 Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern. Drei Genehmigungen bezogen sich auf die Transportdurchführung. Ein Gesuch wurde abgelehnt, da die eingereichten Unterlagen nicht den einschlägigen Anforderungen entsprachen.

## 8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes sind das Transportieren sowie die Ein- und Ausfuhr von radioaktiven Stoffen bewilligungspflichtige Tätigkeiten. Die Voraussetzungen für die Erlangung solcher Bewilligungen sind im Strahlenschutzgesetz (StSG) und in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgehalten. Derartige Bewilligungen sind über einen Zeitraum von maximal zehn Jahren befristet, hinsichtlich der Anzahl Transporte üblicherweise aber nicht begrenzt. Allerdings verlangt die Strahlenschutzverordnung jeweils eine separate Bewilligung, falls bei einer einzelnen Ein- oder Ausfuhr eine bestimmte Aktivitätsmenge überschritten wird. Bis Ende 2008 war die damalige HSK im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen im Bereich der Kernanlagen. Ab 1.1.2009 ist das ENSI direkt dafür zuständig. Für alle anderen Fälle ist das BAG die zuständige Bewilligungsbehörde. Die Prüf- und Bewilligungspraxis wird zwischen den beiden Behörden harmonisiert, mit dem Ziel, zu einem vereinfachten Verfahren für diejenigen Beförderer zu kommen, die in beiden Zuständigkeitsbereichen tätig sind.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 12 Bewilligungen einschliesslich der in 8.1 erwähnten Einzelgenehmigungen erteilt.

## 8.3 Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung

Nach den Artikeln 6 und 34 des Kernenergiegesetzes (KEG) bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Artikel 3 KEG präzisiert den Begriff «Umgang» als Forschung, Entwicklung, Herstellung, Transport, Einfuhr, Ausfuhr, Durchfuhr und Vermittlung. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft jeweils das ENSI als Fachbehörde, dass die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst auf Grund einer zustimmenden Beurteilung durch das ENSI.

Im Berichtsjahr hat das ENSI 18 Beurteilungen für kernenergierechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Diese verteilten sich zu etwa gleichen Teilen auf Transporte von Kernmaterial und solche von Abfällen. Bei den Kernmaterialien handelte es sich um die Versorgung der Werke mit frischen Brennelementen, den Transport abgebrannter Brennelemente aus dem KKM und dem KKL in das zentrale Zwischenlager der ZWILAG und einige Transporte von Proben bzw. einzelnen Brennstäben zu Untersuchungen im PSI bzw. in ausländischen Laboratorien.

## 8.4 Transport bestrahlter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Auf Grund des im Kernenergiegesetz festgeschriebenen zehnjährigen Moratoriums für die Wiederaufarbeitung finden bis 2016 keine Transporte bestrahlter Brennelemente ins Ausland statt. In der Schweiz wurden bestrahlte Brennelemente vom KKM mittels zwei Kampagnen mit je zehn Einzeltransporten zur ZWILAG transferiert. Des Weiteren wurden zwei Behälter mit 69 Brennelementen aus dem KKL dorthin transportiert. Bei allen Transporten wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und die Strahlenschutzvorgaben eingehalten. Die Rücklieferungen von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung werden entsprechend den Rücknahmeverpflichtungen der schweizerischen Kernkraftwerke voraussichtlich ab 2013 wieder aufgenommen.

## 8.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von Glaskokillen bezweckt, diese Abfälle in störfallsicheren Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen, deren Dichtheit im Zwischenlager kontinuierlich überwacht wird. Die Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum jeweiligen Zwischenlager transportiert, dort in der Behälterlagerhalle abgestellt und an das Überwachungssystem angeschlossen. Die TL-Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten, weshalb hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte Anforderungen zu erfüllen sind. Hierzu hat das ENSI im Februar 2008 die Richtlinie G05 als Ersatz für die Richtlinie R-52 veröffentlicht. Die Vorgaben für die fertigungsbegleitenden Kontrollen sowie das Freigabeverfahren wurden den aktuellen Erfahrungen angepasst. Mit dieser Richtlinie sind die Anforderungen an die TL-Behälter ausreichend spezifiziert, weshalb Behälterspezifikation, Ausschreibung und Auftragsvergabe in Eigenverantwortung des Bestellers erfolgen. Bei der Fertigung derartiger Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten, was von unabhängigen Experten im Auftrag des ENSI kontrolliert wird. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung.

Im Zusammenhang mit Abweichungen in einer ausländischen Fertigungsstätte hat das ENSI in der zweiten Jahreshälfte 2008 umfangreiche Recherchen durchgeführt. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass alle Freigaben zu bereits gefertigten Behältern uneingeschränkt gültig bleiben. Für die laufenden und die zukünftigen Fertigungsprozesse bei diesem Lieferanten wurden zusammen mit allen Beteiligten umfangreiche Zusatzmassnahmen festgelegt.

## 8.6 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zum Schutz des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen müssen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. In der Vergangenheit hat die ehemalige HSK bei den Kernanlagen und den Beförderern periodisch Audits durchgeführt und die QM-Systeme für den Transport radioaktiver Stoffe separat anerkannt. Inzwischen haben praktisch alle beteiligten Unternehmen und Institutionen nach internationalen Normen anerkannte Managementsysteme. In Anwendung der Empfehlungen der IAEA geht das ENSI davon aus, dass bei derartig zertifizierten Unternehmen die bisherige separate Anerkennung nicht mehr nötig ist. Vielmehr prüft das ENSI im Rahmen seiner Inspektionen regelmässig auch übergeordnete organisatorische Aspekte, die als gute Indikatoren für das Qualitätsbewusstsein dienen.

Das ENSI führte im Jahr 2008 in seinem Aufsichtsbereich je Anlage mindestens zwei Transportinspektionen durch. Betroffen waren hiervon Transporte von neuen und bestrahlten Brennelementen, radioaktiven Abfällen sowie sonstigen radioaktiven Stoffe (Proben, Quellen, Werkzeuge, etc.). In Bezug auf Kontamination und Dosisleistung wurde keine Überschreitung von Grenzwerten festgestellt. Alle Vorschriften bezüglich Sicherheit und Strahlenschutz des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt waren stets eingehalten. Die Zahl der nicht sicherheitsrelevanten, formalen Abweichungen von den Vorschriften (z.B. Meldefristen, mangelhafte Kennzeichnung von Versandstücken) ist gegenüber den Vorjahren erfreulicherweise zurückgegangen. Im Berichtsjahr gab es keine Veranlassung mehr, wegen Abweichungen bei ausländischen Beteiligten Kontakt mit Aufsichtsbehörden anderer Länder aufzunehmen.



## 9. Neue Kernkraftwerke

Der Bundesrat hat an seiner Sitzung vom 21. Februar 2007 eine Neuausrichtung der Schweizer Energiepolitik beschlossen, welche unter anderem den Neubau von Kernkraftwerken als Option vorsieht. Die damalige HSK sah sich folglich veranlasst, eine Projektgruppe «Neue KKW» zu gründen. Die Hauptaufgaben dieser im Mai 2007 operativen, multidisziplinären Gruppe waren die Vorbereitung auf die zu erwartenden Baugesuche der Industrie für neue Kernkraftwerke sowie die technische Evaluation neuer Reaktortypen der dritten Generation.

Das (dreistufige) Bewilligungsverfahren für neue KKW ist in der Kernenergiegesetzgebung (KEG, KEV) nur relativ grob geregelt. Daher stellte die Festlegung der konkreten, sicherheitsrelevanten Inhalte für den ersten Bewilligungsschritt (Rahmenbewilligung) einen Schwerpunkt der vorbereitenden Projektarbeiten dar. Bei der Reaktorevaluation, respektive der Erarbeitung des technischen Know-hows über Reaktoren der Generation III durch die Behörde, konzentrierten sich die Arbeiten zunächst auf die beiden AREVA-Anlagen EPR und SWR1000 sowie den AP1000 von Westinghouse und den ESBWR von General Electric. In diesem Zusammenhang nahmen ENSI-Mitarbeitende an verschiedenen Kursen zu den neuen Reaktortypen teil. Ein von der finnischen Aufsichtsbehörde STUK durchgeführter Workshop zur Aufsicht über das Neubauprojekt Olkiluoto 3, zu den bisherigen Erfahrungen seitens der Behörde beim Bau und über Lehren zur Verbesserung des Aufsichtsverfahrens für Neubauten wurde von mehreren ENSI-Mitarbeitenden besucht. Die Erkenntnisse aus diesem Workshop werden in das in Ausarbeitung stehende Aufsichtskonzept für Neubauten einfließen.

Das ENSI nimmt aktiv in der «OECD/NEA Working Group on the Regulation of New Reactors» teil, wie auch in der WENRA-Arbeitsgruppe, die zurzeit Anforderungen an neue Kernkraftwerke ausarbeitet. Mit dieser Teilnahme in internationalen Arbeitsgruppen will das ENSI die in diesen Gruppen diskutierten Anforderungen an neue Kernkraftwerke mitverfolgen und mitgestalten.

Am 9. Juni 2008 reichte die Kernkraftwerk Niederamt AG dem Bundesamt für Energie (BFE) ein Rahmenbewilligungsgesuch für das Neubauprojekt «KKW Niederamt» (KKN) ein. Gegenstand des Gesuchs ist der geplante Bau eines Leichtwasserreaktors der dritten Generation am Standort Niederamt (Kanton Solothurn), d.h. in unmittelbarer Nachbarschaft zu der bereits bestehenden Anlage KKG. Bei der Kernkraftwerk Niederamt AG handelt es sich um eine neue, von der damaligen Atel Holding AG gegründeten Gesellschaft mit Sitz in Olten.

Zwei weitere Rahmenbewilligungsgesuche für die Standorte Beznau und Mühleberg folgten am 4. Dezember 2008. Diese Gesuche wurden von der Planungsgesellschaft Resun AG – gegründet von der NOK, BKW und CKW – erstellt. Bei den beiden geplanten Neuanlagen «Ersatzkernkraftwerk Beznau» und «Ersatzkernkraftwerk Mühleberg» (EKKB, EKKM) handelt es sich ebenfalls um moderne Leichtwasserreaktoren der dritten Generation. Allen drei Gesuchen ist die Verwendung von Hybridkühltürmen mit Zwangslüftung gemeinsam.

Die damalige HSK erhielt vom BFE den Auftrag, für jedes Gesuch Gutachten zum eingereichten Sicherheitsbericht, Sicherungsbericht, Stilllegungskonzept und Entsorgungsnachweis zu erstellen. Weitere Gutachten werden das Bundesamt für Umwelt (BAFU) zu den Umweltaspekten der Gesuche und das Bundesamt für Raumplanung (ARE) zu Raumplanungsaspekten erarbeiten.

Das BFE hat den zeitlichen Rahmen für die Erstellung der Gutachten festgelegt. Dieser sieht eine gleichzeitige Fertigstellung der Gutachten zu den drei Gesuchen auf Ende Mai 2010 vor.

Inhaltlicher Schwerpunkt der ENSI-Gutachten wird die Beurteilung der Standorteigenschaften und der damit verbundenen Gefährdungen (Erdbeben, Überflutung, etc.) der beantragten Neuanlagen sein, da die Auslegung der Anlagen von den standortspezifischen Gefährdungen massgeblich bestimmt wird. Nicht Thema der Beurteilung ist hingegen die eigentliche Reaktorauslegung, da diese erst im Rahmen der Baubewilligung vom Antragsteller festgelegt werden muss.





Felslabor Mont Terri:  
Einbau eines Messsystems  
zur Untersuchung der  
Wegsamkeit von Gas im  
Opalinuston.  
Foto: Comet

## 10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Gemäss Kernenergiegesetz sind die Abfallverursacher verpflichtet, die anfallenden radioaktiven Abfälle sicher zu entsorgen. Die radioaktiven Abfälle sind in geologische Tiefenlager zu verbringen. Im Auftrag der Abfallverursacher ist die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) für die wissenschaftliche und technische Vorbereitung dieser Aufgabe, insbesondere für die Entwicklung von Projekten zur Tiefenlagerung und die entsprechende Standortsuche, verantwortlich. Das Entsorgungskonzept der Nagra umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA, Kap. 10.2) und eines für hochaktive Abfälle (HAA, Kap. 10.3). Die Standortsuche für die benötigten Tiefenlager erfolgt durch das im Sachplan geologische Tiefenlager definierte Verfahren (Kap. 10.1). Die für die Tiefenlagerung notwendigen Daten werden teilweise in Felslaboratorien ermittelt (Kap. 10.4). Nachfolgend wird der Stand der Arbeiten zur geo-

logischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle dargelegt.

### 10.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Gemäss Kernenergieverordnung legt der Bund die Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern in einem Sachplan geologische Tiefenlager verbindlich fest. Dieser ist ein Planungsinstrument, mit dem der Bund das Vorgehen zur Standortwahl von geologischen Tiefenlagern festlegt. Die Sicherheit und der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt haben dabei oberste Priorität. Das ENSI hat als Sicherheitsbehörde die im Auswahlverfahren anzuwendenden sicherheitstechnischen Kriterien festgelegt (HSK 33/001). Dieser Bericht ist auch auf der ENSI-Website einsehbar. Der Bundesrat hat im April 2008 den Konzeptteil



staltungen erläuterte die Nagra, wie sie anhand der behördlich festgelegten Sicherheitskriterien und unter Anwendung der vorgegebenen Einengungsprozedur die in Figur 10.1 aufgeführten Standortgebiete für SMA und HAA identifizierte. Das ENSI machte seinerseits mit einer kreditkartengrossen Info-Broschüre und der Auflage der gedruckten sicherheitstechnischen Kriterien (HSK 33/001) seine Rolle bekannt. Tabelle 10.1 gibt einen Überblick über die abgehaltenen Informationsveranstaltungen.

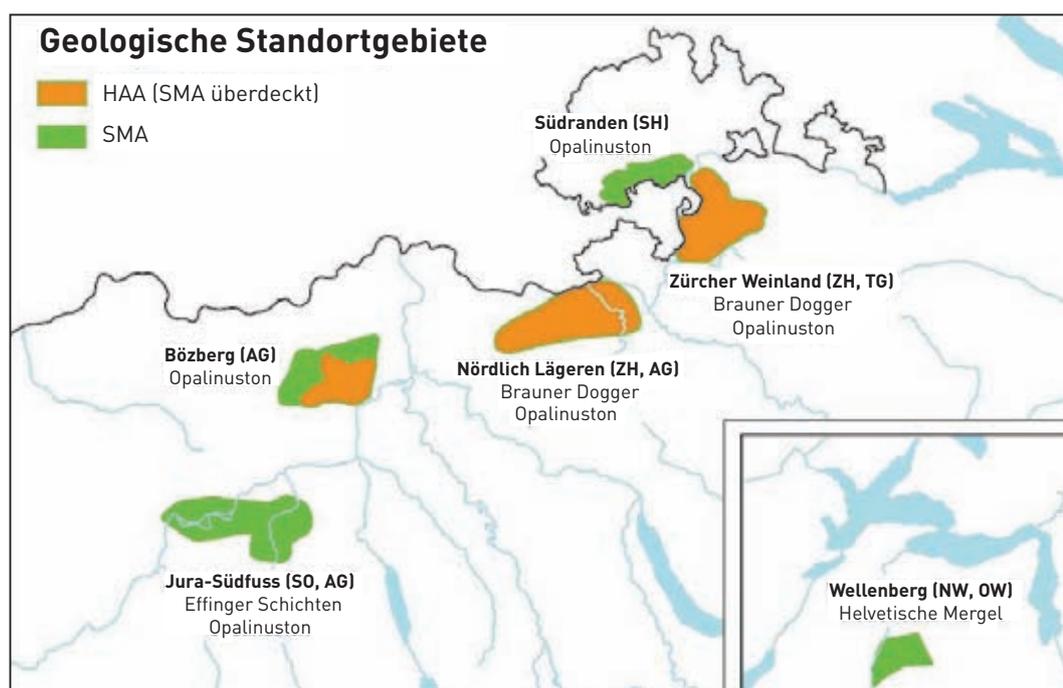
## 10.2 Schwach- und mittelaktive Abfälle

zum Sachplan geologische Tiefenlager genehmigt. Darin ist das Vorgehen bei der Standortsuche für geologische Tiefenlager für radioaktive Abfälle festlegt.

Die Nagra hat ihre Vorschläge für geologische Standortgebiete gemäss Etappe 1 des Sachplanverfahrens im Oktober 2008 beim BFE eingereicht. BFE, Nagra und ENSI informierten an einer Medienkonferenz am 6. November 2008 die Öffentlichkeit über das Sachplanverfahren, die Standortgebietsvorschläge der Nagra und die weiteren Schritte im Verfahren. Zudem wurden in allen vorgeschlagenen Standortgebieten und im deutschen Grenzgebiet Informationsveranstaltungen unter der Leitung des BFE und mit Beteiligung von Nagra und ENSI durchgeführt. An diesen Veran-

Im ersten Schritt der Etappe 1 des Sachplans geologische Tiefenlager hat die Nagra das für die beiden Lager vorgesehene Abfallinventar festgelegt. Die Auftrennung erfolgt dabei auf Grund der in der Kernenergieverordnung vorgegebenen Abfallkategorien und auf Grund generischer Sicherheitsbetrachtungen zur Optimierung des Lagerinventars. Die von der Nagra vorgeschlagene Auftrennung sieht vor, dass alle alphanotoxischen Abfälle (ATA) und zusätzlich einige langlebige SMA im Lager für HAA eingelagert werden. Auf Grund dieser Zuteilung hat die Nagra die Anforderungen an die Standortgebiete und Wirtgesteine definiert. Für ein Lager für SMA schlägt die Nagra sechs mögliche Standortgebiete vor (Figur 10.1): den Südranden (Kanton SH), das Zürcher Weinland (ZH), das

Fig. 10.1:  
Von der Nagra  
vorgeschlagene  
Standortgebiete für  
ein SMA- und ein  
HAA-Lager.



Datum, Zeit	Region	Ort
18. November 2008, 19:00	Südranden (Kanton SH)	Kirchgemeindehaus, Neuhausen am Rheinflall
20. November 2008, 19:30	Nördlich Lägeren (Kantone ZH + AG)	Mehrzweckhalle, Glattfelden
24. November 2008, 19:30	Zürcher Weinland (Kantone ZH + TG)	Mehrzweckhalle, Marthalen
22. November 2008, 10:00	Behördenvertreter DE	Regierungspräsidium Freiburg i. Brsg.
25. November 2008, 20:00	Wellenberg (Kanton OW)	Aula Dorfschulhaus, Engelberg
27. November 2008, 19:00	angrenzende Gebiete auf deutscher Seite	Mehrzweckhalle, Jestetten (unter Leitung des deutschen BMU)
3. Dezember 2008, 19:30	Wellenberg (Kanton NW)	Mehrzweckhalle Turmatt, Stans
4. Dezember 2008, 19:30	Jura-Südfuss (Kanton SO)	Mehrzweckhalle, Niedergösgen
11. Dezember 2008, 19:30	Bözberg (Kanton AG)	Turnhalle, Oberbözberg
17. Dezember 2008, 19:30	Jura-Südfuss (Kanton AG)	Kultur- und Kongresshaus (KUK), Aarau

Tabelle 10.1:  
Übersicht über die  
im Herbst 2008 vom  
BFE, der Nagra und  
der damaligen HSK  
abgehaltenen Informa-  
tionsveranstaltungen  
zur Etappe 1 des  
Sachplans geologische  
Tiefenlager.

Gebiet Nördlich Lägeren (AG und ZH), den Bözberg (AG), den Jura-Südfuss (SO) und den Wellenberg (NW). Als Wirtgesteine werden der Opalinuston (Südranden, Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren, Bözberg, Jura-Südfuss), der Braune Dogger (Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren), die Effinger Schichten (Jura-Südfuss) und die helvetischen Mergel (Wellenberg) vorgeschlagen. Damit werden in den Gebieten Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Jura-Südfuss jeweils zwei potenzielle Wirtgesteine pro Standortgebiet vorgeschlagen. Das ENSI hat die Begutachtung der Gebietsvorschläge der Nagra für ein SMA-Lager in Angriff genommen.

### 10.3 Hochaktive Abfälle

Gemäss der von der Nagra gewählten Abfallzu- teilung muss das Lager für hochaktive Abfälle sämtliche HAA, ATA und einige langlebige SMA aufnehmen. Die Nagra schlägt zur Lagerung dieser Abfälle als Wirtgestein den Opalinuston vor und sieht günstige Bedingungen für deren Lagerung in drei Standortgebieten verwirklicht (Fi- gur 10.1). Die vorgeschlagenen Standortgebiete Zürcher Weinland, Nördlich Lägeren und Böz- berg decken sich grösstenteils mit den Standort- gebietsvorschlägen für die Lagerung der verblei- benden SMA (Kap. 10.2), so dass an diesen drei Standorten auch die Errichtung eines Kombilagers

(d.h. eine Lagerung aller Abfälle am gleichen Standort) möglich erscheint.

Auch die Überprüfung der Gebietsvorschläge der Nagra für ein HAA-Lager ist vom ENSI in Angriff genommen worden.

### 10.4 Felslaboratorien

Die mit internationaler Beteiligung betriebene For- schungstätigkeit der Nagra in den beiden Felslabo- ratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde 2008 weiter fortgesetzt. In diesen Felslaboratorien werden Untersuchungen durchgeführt, die zur baulichen Auslegung von Tiefenlagern und zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern wichtige Erkenntnisse liefern.

Das ENSI beteiligt sich mit eigener Forschungstä- tigkeit im Felslabor Mont Terri, um die behördenin- terne Fachkompetenz zu erhalten und zu fördern. Zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zü- rich hat das ENSI in den vergangenen vier Jahren das EZ-B Experiment durchgeführt und dazu um- fangreiche Messungen in einem Teststollen (EZ-B Nische) gemacht. Ziel des Experimentes war die Untersuchung der Kluffbildung in der Auflocke- rungszone, die sich beim Ausbruch des Stollens in- folge von Spannungsumlagerungen im Opalinus- ton bildet. Das Experiment wurde Anfang 2008 erfolgreich abgeschlossen und die Ergebnisse in Form einer Dissertation (Salina Yong, Diss. ETH



Arbeiten für den  
Ventilationstest im  
Felslabor Mont Terri.  
Foto: Comet

No. 17575) publiziert. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Ausbruch des kurzen Teststollens eine geringere Auflockerungszone mit anderer Ausbildungsform verursacht hat als erwartet. Damit waren die bisherigen konzeptionellen Annahmen des ENSI über die Ausdehnung der Auflockerungszone im Opalinuston konservativ gewählt. Im Weiteren ergab das Experiment, dass die tektonische Geschichte bei der Rissbildung von

entscheidender Wichtigkeit ist, da beim Auffahren eines Stollens bevorzugt bestehende alte Schwächezonen wieder reaktiviert werden. Schliesslich konnte gezeigt werden, dass Ort und Grösse der entstehenden Risse mit einem neuen, einfachen Modellansatz relativ gut berechnet werden können. Die Forschungsarbeiten haben zu einem besseren Verständnis der felsmechanischen Grundlagen geführt, die für die Beurteilung des Opalinustons als mögliches Wirtgestein für ein geologisches Tiefenlager von Bedeutung sind.

Im Rahmen des Baus der neuen Galerie 08 hat das ENSI zusammen mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich im April 2008 ein neues Experiment (RC-Experiment) gestartet, das die mit und nach dem Ausbruch des Stollens verursachten Deformationen im Gebirge erfassen soll. Das RC-Experiment ist Teil einer Reihe von Experimenten, die den Bau der neuen Galerie-08 begleiten (mine-by-tests). Das RC-Experiment wird nach Fertigstellung der Galerie-08 über drei Jahre weitergeführt werden mit dem Ziel, auch langsam ablaufende Konvergenzverformungen (Kriechbewegungen) mittels eines kontinuierlichen Monitoring-Systems zu erfassen.

Ausserdem beteiligt sich das ENSI an zwei weiteren kleinen Folgeexperimenten in der EZ-B Nische (CD-Experiment und FM-D-Experiment), in welchen in Zusammenarbeit mit swisstopo das zyklische Austrocknungsverhalten der Stollenwand in Abhängigkeit des Stollenklimas (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) gemessen sowie in drei Bohrungen eine neue Methode der Durchlässigkeitsbestimmung (evaporation logging) evaluiert werden.

# 11. Anlagenübergreifende Themen

## 11.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird u.a. das Risiko abgeschätzt, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk auftritt. Als schwerer Unfall wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und in der Folge zu schmelzen beginnt. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Anlagensysteme voraus. Erst ein schwerer Unfall kann (muss aber nicht notwendigerweise) dazu führen, dass grössere Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung freigesetzt werden. Jedes Schweizer Kernkraftwerk hat eine anlagenspezifische PSA erstellt und aktualisiert diese regelmässig.

Eine PSA kann in drei Stufen unterteilt werden: Ausgehend von einem breiten Spektrum von auslösenden Ereignissen werden in der Stufe-1-PSA alle möglichen Unfallsequenzen bis zum Kernschaden (Kernschmelze) betrachtet. Die auslösenden Ereignisse umfassen sowohl anlageninterne Störfälle wie z. B. Brände, Brüche in Kühlmittel führenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr als auch durch externe Einwirkungen wie Erdbeben, Flugzeugabsturz oder extreme Überflutungen ausgelöste Störfälle. Die auf den Ergebnissen der Stufe-1-PSA aufbauende Stufe-2-PSA umfasst die Analyse des weiteren Verlaufs eines Kernschadens bis zu einer eventuellen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Die Stufe-3-PSA bestimmt schliesslich den Schaden in der Umgebung des Kraftwerks. Basierend auf Art. 41 der Kernenergieverordnung verlangt das ENSI für alle schweizerischen Kernkraftwerke PSA-Studien der Stufen 1 und 2.

Im Jahr 2008 wurden im Wesentlichen folgende Arbeiten im Bereich PSA durchgeführt und dem ENSI eingereicht:

- Das KKB reichte auf Grund einer Forderung des ENSI zu Beginn des Jahres 2008 eine aktualisierte Auswertung der anlagenspezifischen Daten zur Komponenten-Zuverlässigkeit ein. Dabei wurden der Betrachtungszeitraum der Auswertung um die Jahre 2002 bis 2006 erweitert und

die Zuverlässigkeitsanalyse verfeinert. Die Analyse der Daten wies für die neu ausgewerteten Jahre eine Reduktion der Ausfälle für gewisse Komponenten wie Steuerlufttrockner, Steuerluftkompressoren und Ladepumpen auf. Das KKB interpretierte dies als Folge einer verbesserten vorbeugenden Instandhaltung oder einer verbesserten Betriebsweise. Das ENSI kam nach Prüfung der eingereichten Unterlagen zu dem Ergebnis, dass die Forderung erfüllt ist.

Das KKB überarbeitete mit einer verfeinerten HRA («Human Reliability Analysis») die Bestimmung der Fehlerwahrscheinlichkeiten von im Störfall angeforderten Operateurhandlungen. Dabei wurden auch einige potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten der Stör- und Notfallvorschriften identifiziert, die bei der nächsten Überarbeitung dieser Vorschriften berücksichtigt werden. Darunter fällt z. B. eine genauere Beschreibung der zur Dampferzeuger-Notbespeisung mittels Brunnenwasser durchzuführenden Schaltheilungen.

Das KKB hat basierend auf der Ende 2007 vorgelegten, vollständig aktualisierten Erdbeben-PSA ein Konzept zur weiteren Verbesserung der Erdbebensicherheit eingereicht, wodurch die seismische Kernschadenshäufigkeit weiter reduziert wird. Dies soll primär mit Massnahmen im Rahmen der geplanten Umlegung der Notstromversorgung vom Wasserkraftwerk auf neu installierte Dieselaggregate (Projekt Autanove) geschehen. Darüber hinaus werden in angemessenem Umfang auch seismische Ertüchtigungen an der bestehenden Anlage realisiert.

- Das KKG reichte im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung Ende 2008 eine vollständig überarbeitete PSA ein. Die Überarbeitung umfasst insbesondere die Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungs-Annahmen, die Neubewertung von Operateurhandlungen, die Aktualisierung der Brand-PSA und erstmals die Durchführung einer Stufe-2-PSA für den Betriebszustand Revisionsstillstand. Die neue PSA wird im Rahmen der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung überprüft. Bereits Ende 2007 erstellte das KKG ein überarbeitetes Notfallhandbuch (NHB). Das NHB be-

steht aus vier Bänden und umfasst für alle Betriebsarten des KKG ein übergeordnetes Leit-schema für die Störfallbehandlung, die präventive Schutzzielkontrolle sowie Entscheidungshilfen zur Bewältigung bzw. Milderung der Auswirkungen von schweren Unfällen, auch SAMG («Severe Accident Management Guidance») genannt. Die Überprüfung des NHB wird ebenfalls Gegenstand der ENSI-Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung sein.

- Das KKL erstellte ein Konzept zur langfristigen Aufrechterhaltung der Reaktordruckentlastung bei einem längeren Totalausfall der internen und externen Wechselstromversorgung («Station Blackout»). Das Konzept sieht ein mobiles Dieselaggregat vor, welches die Gleichstromversorgung der für die Reaktordruckentlastung erforderlichen Sicherheitsventile auch dann noch aufrechterhalten würde, wenn die Kapazität der Batterien erschöpft ist. Auf diese Weise wäre die langfristige Bespeisung des Reaktors mit von der Wechselstromversorgung unabhängigen Systemen (z. B. aus dem Wasserreservoir auf dem Hinterberg) sichergestellt. Das ENSI begrüsst dieses Konzept und wird es im Rahmen des Verfahrens zur Konzeptfreigabe weiter verfolgen.
- Das KKM ist daran, die gesamte PSA zu überarbeiten und hat im Berichtsjahr verschiedene, zum Teil umfangreiche Arbeiten dem ENSI eingereicht. Diese Studien erfolgten insbesondere auf Grund von Forderungen, die das ENSI im Rahmen der Stellungnahme zu der Periodischen Sicherheitsüberprüfung erhoben hatte. Ein grosser Teil der Forderungen ist dadurch begründet, dass das ENSI im internationalen Vergleich hohe Qualitätsanforderungen an die PSA stellt. Für einige Arbeiten beantragte das KKM eine Terminstreckung gegenüber der ursprünglichen Terminfestlegung. Grund für die Anträge sind personelle Engpässe bei den internationalen Experten sowie eine zu optimistische Planung. Für das ENSI hat die sorgfältige Abarbeitung einer Forderung gegenüber einer schnellen Abarbeitung mit weniger belastbaren Ergebnissen Vorrang. Das ENSI verfolgt kontinuierlich die Abarbeitung der Forderungen und führt regelmässig Gespräche mit dem Betreiber durch. Im Folgenden wird auf einige Arbeiten näher eingegangen.
  - Das KKM reichte im Zusammenhang mit der Überarbeitung der Erdbeben-PSA eine Reihe von so genannten Fragility-Analysen (probabilistische Erdbebenfestigkeits-Rechnungen) ein.

Ferner realisierte das KKM im Jahr 2008 seismische Ertüchtigungen wie zum Beispiel Verstärkungen an der Verankerung von Elektro-schränken im Betriebsgebäude.

- Das KKM ergänzte die HRA für Operator-handlungen, welche in der PSA für die Analyse des Anlagenstillstands berücksichtigt werden. Dabei wurden verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten in den Vorschriften für Störfälle während des Anlagenstillstands identifiziert und umgesetzt.
- Ferner reichte das KKM zur Bestimmung von Erfolgskriterien und Zeitfenstern für Operatorhandlungen verfeinerte thermohydraulische Analysen ein, deren Ergebnisse teilweise von den Annahmen der PSA 2005 abweichen. Das ENSI akzeptierte die Studien. Die neuen Erkenntnisse werden vom KKM im überarbeiteten PSA-Modell berücksichtigt werden. Ebenso akzeptierte das ENSI verfeinerte thermohydraulische Untersuchungen zur Beschreibung von Anlagenzuständen im Rahmen der Stufe-2-PSA.
- Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten im Berichtsjahr eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahres ein. Bei diesem Bewertungsverfahren wird anhand des PSA-Modells der Einfluss auf das Risiko für einen Kernschmelzunfall ermittelt, welcher sich aus unvorhergesehenen Kraftwerksabschaltungen und aus Komponenten-Unverfügbarkeiten infolge Reparatur, Wartung oder Funktionstests ergibt. Das ENSI sammelt diese Daten, um daraus weitere Erfahrungen abzuleiten. Ziel ist, dieses Verfahren stärker zu harmonisieren. Im Folgenden wird auf einzelne Ergebnisse des Jahres 2007 eingegangen:
  - Für das KKB 1 ergaben sich im Vergleich zum Jahr 2006 eine höhere maximale Risikospitze und ein höheres kumulatives Risiko. Grund hierfür ist vor allem das INES-1-Vorkommnis vom August 2007 (siehe Aufsichtsbericht 2007).
  - Für das KKB 2 liegen die maximale Risikospitze und das kumulative Risiko leicht tiefer als im Jahre 2006. Die Reaktorabschaltung vom 10. August 2007 und die geplanten Unverfügbarkeiten der Komponenten des Blocks 1 während des Brennelementwechsels trugen am meisten zum kumulativen Risiko bei.
  - Im KKG waren aus Sicht der PSA keine Vorkommnisse zu verzeichnen, welche in relevanter Weise zum Risiko beitrugen. Die ma-

ximale Risikospitze und das kumulative Risiko lagen im Bereich der vorangehenden Jahre.

- Im KKL ergab sich durch den Ausfall der Spannungsversorgung eines Elektroschranks des Hochdruck-Kernsprühsystems HPCS die höchste Risikospitze. Das Vorkommnis «SEHR-ADS» vom März 2007 (INES-1, siehe Aufsichtsbericht 2007) lieferte den grössten Beitrag zum kumulativen Risiko.
- Für das KKM ergab sich die maximale Risikospitze durch eine kurze, reparaturbedingte Unverfügbarkeit des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems RCIC B. Zum kumulativen Risiko trug insbesondere eine Störung am elektrischen Stellantrieb einer Isolationsarmatur des Speisewassersystems bei.
- Latente Fehler bleiben unentdeckt, bis die betroffene Komponente angefordert oder mit einer Funktionsprüfung getestet wird. Für das kumulative Risiko können sie wichtig sein, weil hier nicht nur die momentane Risikoerhöhung durch eine Komponenten-Unverfügbarkeit, sondern auch die Dauer der Unverfügbarkeit eine Rolle spielt. Latente Fehlerzeiten, die einen messbaren Einfluss auf das kumulative Risiko hatten, ergaben sich durch die Unverfügbarkeit des Notstand-Dieselmotors beim KKB 1 und des Notstromdiesels (Division 31) beim KKL. Die probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung zeigte bei den KKB-Notstand-Dieselmotoren ein Verbesserungspotenzial bezüglich des Test-Zeitpunktes, das im Jahr 2008 umgesetzt wurde.
- Mit der Technischen Spezifikation (TS) werden Unverfügbarkeits-Kombinationen von Komponenten in einer Anlage geregelt bzw. eingeschränkt. Ergänzend werden mit der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung auch Unverfügbarkeitskombinationen von Komponenten betrachtet, welche über die in der TS behandelten hinausgehen. Für das Jahr 2007 ergaben sich in den schweizerischen Kernkraftwerken aus Sicht der PSA neben den meldepflichtigen Vorkommnissen keine relevanten Kombinationen von Komponenten-Unverfügbarkeiten.

Gemäss den per Ende 2008 vorliegenden Analysen der Schweizer Kernkraftwerke wird das von der IAEA für bestehende Anlagen empfohlene probabilistische Sicherheitsziel einer Kernschadenshäufigkeit von unter  $10^{-4}$  pro Jahr klar eingehalten.

## 11.2 Erdbebengefährdungsanalyse

Für den sicheren Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke sind fundierte Kenntnisse der Erdbebensicherheit wichtig. Bereits beim Bau der heute bestehenden Kernkraftwerke wurde der Erdbebensicherheit grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Für Kernanlagen gelten weitaus strengere Bestimmungen als für Normalbauten. Der Stand von Wissenschaft und Technik wurde und wird vom ENSI laufend verfolgt. Neue Erkenntnisse führten in der Vergangenheit bereits zu Weiterentwicklungen der Erdbebenanalysen und zu Ertüchtigungen in den Kernanlagen.

Als weiteren Schritt dieser fortwährenden Entwicklung verlangte das ENSI im Jahre 1999 von den Kernkraftwerksbetreibern, die Erdbebengefährdung nach dem fortschrittlichsten Stand der methodischen Grundlagen neu zu bestimmen und dabei insbesondere die Unschärfe der Rechenergebnisse umfassend zu quantifizieren. Zur Umsetzung der Forderung des ENSI gaben die Kernkraftwerksbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter möglichst umfassender Berücksichtigung des Kenntnisstandes der internationalen Fachwelt berechnet. Dazu wurden Fachleute von erdwissenschaftlichen und unabhängigen fachtechnischen Organisationen aus dem In- und Ausland beigezogen. Mit dem Projekt PEGASOS hat die Schweiz Neuland betreten. Es ist die erste und bisher einzige Studie dieser Art in Europa.

Das Projekt wurde vom ENSI mit einem Expertenteam begleitend überprüft. Das ENSI kam zum Schluss, dass mit dem Projekt PEGASOS die methodischen Vorgaben erfüllt wurden und dass hinsichtlich verschiedener Aspekte (Qualitätssicherung, Erweiterung der Methode auf die Charakterisierung der Standorteinflüsse) sogar ein neuer Stand der Technik erzielt wurde. Doch stellte das ENSI auch fest, dass die in den PEGASOS-Ergebnissen ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross ist und durch weitere Untersuchungen verkleinert werden könnte. Ende 2007 reichten die Betreiber einen ersten Projektplan für Zusatzarbeiten an der PEGASOS-Studie ein.

Nach der Genehmigung des Projektplans durch das ENSI wurde das als «PEGASOS Refinement Project» (PRP) bezeichnete und von swissnuclear geleitete Projekt Anfang September 2008 ge-

startet. Ziel des PRP ist es, die Streubreite der PE-GASOS-Ergebnisse weiter zu reduzieren. Dazu werden die neuesten Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung berücksichtigt und standortspezifische Felduntersuchungen durchgeführt. Weiter wird darauf geachtet, dass an den Schnittstellen der einzelnen Teilprojekte (Erdbebenherde, Erdbebenfortpflanzung, Standorteinflüsse) Unsicherheiten in den Bewertungsgrössen nicht mehrfach gezählt werden. Das voraussichtlich bis Ende 2011 dauernde Projekt wird vom ENSI weiterhin mit einem Expertenteam begleitet.

### 11.3 Übereinkommen über nukleare Sicherheit

Das internationale Übereinkommen über nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety CNS) hat das Ziel, in den Unterzeichnerstaaten ein hohes Mass an nuklearer Sicherheit zu erreichen und zu erhalten. Mensch und Umwelt sollen vor strahlungsbedingten Gefahren geschützt und Unfälle in Kernkraftwerken vermieden werden. Die Schweiz hat das Übereinkommen im Oktober 1995 unterzeichnet und im September 1996 ratifiziert. Die Vertragspartner haben sich verpflichtet, die Grundsätze des Übereinkommens anzuwenden und erstellen hierzu alle drei Jahre einen Länderbericht. Die Berichte werden im Rahmen einer Konferenz bei der Internationalen Atomenergieagentur IAEA in Wien überprüft.

Seit der Inkraftsetzung der CNS fanden 4 Überprüfungskonferenzen statt, die letzte vom 14. bis 25. April 2008. Die Schweiz hat an dieser Konferenz ihren im Herbst 2007 fristgerecht eingereichten Länderbericht vorgestellt und Fragen dazu beantwortet. Während der Konferenz war sie in der Ländergruppe 5 zusammen mit Deutschland, Kanada, Bulgarien, Luxemburg, Niederlande, Chile, Uruguay, Kuwait und Sri Lanka. Der Bericht und die Präsentation der Schweiz wurde innerhalb ihrer Ländergruppe positiv aufgenommen und erhielt die meisten Einstufungen als «Good Practice».

Die Schweizer Delegation umfasste sieben Mitarbeitende des ENSI und einen Vertreter eines Kernkraftwerks. Sie stellte den stellvertretenden Vorsitzenden der Ländergruppe und hat sich auch aktiv in Arbeitsgruppen eingebracht. Zusammen mit

Frankreich und Spanien hat sie Vorschläge für die Verbesserung des Überprüfungs-Prozesses erarbeitet. Diese wurden im Plenum in der zweiten Woche diskutiert. Die vom Plenum aufgenommenen Vorschläge zur Verbesserung des Überprüfungs-Prozesses sind in den Abschlussbericht (President's Report) eingeflossen. Der Beitrag der Schweiz wurde gut aufgenommen und als wertvoll eingestuft.

### 11.4 Fachgespräche zur Sicherheitskultur

Die Sicherheitskultur in Kernanlagen ist seit dem Unfall in Tschernobyl ein ständiges Thema für Aufsichtsbehörden, und es wurde auch von Medien verschiedentlich angesprochen. Das ENSI befasst sich schon seit Langem intensiv mit Fragen der Sicherheitskultur und hat, basierend auf internationaler Erfahrung und Gesprächen mit Experten auf diesem Gebiet in den letzten Jahren, sein Konzept zur Aufsicht im Bereich Sicherheitskultur entwickelt und stufenweise eingeführt. Dieses Konzept sieht unter anderem ein so genanntes «proaktives Fachgespräch zur Sicherheitskultur» mit den Werken vor. Bei diesen Fachgesprächen, welche etwa alle zwei Jahre durchgeführt werden, handelt es sich um spezielle Aufsichtsgespräche mit dem Ziel, die Reflexion der beaufsichtigten Organisation über ihre Sicherheitskultur anzuregen bzw. zu unterstützen. Zudem ist es für die Aufsichtsbehörde eine wertvolle Informationsquelle über ergriffene Massnahmen der Beaufsichtigten zur Förderung ihrer Sicherheitskultur. Das Thema des diesmaligen Gesprächs war «Safety Leadership – Zum Zusammenhang von Führung und Sicherheitskultur». Dabei wurde diskutiert, wie die Führung die Sicherheitskultur in ihrem Unternehmen beeinflusst und, umgekehrt, wie die Führung selbst durch die Organisations- bzw. Sicherheitskultur im Unternehmen beeinflusst wird. Die Fachgespräche, welche in einer offenen und konstruktiven Gesprächsatmosphäre in allen Werken erfolgten, stellten eine Fortsetzung und Vertiefung des kontinuierlichen Dialogs zwischen Behörde und Beaufsichtigten über das komplexe Thema der Sicherheitskultur dar.

Das ENSI wird ein Positionspapier zur Aufsicht über die Sicherheitskultur von Kernanlagen erarbeiten.

# Anhang

Sicherheitsbewertung	93
Abbildung 1 ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala	96
Abbildung 2 Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A	98
Tabelle 1 Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	99
Tabelle 2 Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2008	99
Tabelle 3 Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2008	100
Tabelle 4 Klassierte Vorkommnisse 2008	100
Tabelle 5 Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	101
Tabelle 6a Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2008 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	102
Tabelle 6b Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2008 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	103
Tabelle 6c Fussnoten	104
Tabelle 7 Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	105
Tabelle 8 Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI	106
Tabelle 9 Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG	106
Tabelle 10 Liste der schweizerischen Richtlinien	107
Figur 1 Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1999–2008	109
Figur 2 Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1999–2008	110
Figur 3 Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1999–2008	111
Figur 4 Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1998–2008	112
Figur 5 Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1976–2008	113
Figur 6 Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	114
Figur 7a Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	115
Figur 7b Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	115
Verzeichnis der Abkürzungen	116



## Sicherheitsbewertung

Das ENSI wacht als unabhängige Aufsichtsbehörde darüber, dass die Betreiber von Kernanlagen ihre Verantwortung für die nukleare Sicherheit umfassend wahrnehmen. Das Ziel nuklearer Sicherheit ist es, Mensch und Umwelt vor schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit müssen die Betreiber von Kernanlagen eine umfassende Sicherheitsvorsorge treffen, die verschiedene Aspekte umfasst. Das ENSI beurteilt die von ihm beaufsichtigten Aspekte hinsichtlich ihrer Aufgabe innerhalb der Sicherheitsvorsorge. Bisher fließen die Inspektionstätigkeit und die Analyse meldepflichtiger Vorkommnisse in der nachfolgend beschriebenen Weise in eine systematische Sicherheitsbewertung ein. Damit deckt das Bild, das sich aus der Sicherheitsbewertung ergibt, zurzeit vor allem betriebliche Aspekte ab. Weiter unten ist beschrieben, welche weiteren Datenquellen in Zukunft das Bild vervollständigen sollen.

Das ENSI ordnet alle in die Sicherheitsbewertung eingehenden Aspekte nach mehreren Kriterien: Es unterscheidet zwischen den in den Dokumenten eines Kernkraftwerks festgelegten Vorgaben und dem tatsächlichen Betriebsgeschehen. Da die nukleare Sicherheit sowohl von technischen als auch von menschlichen und organisatorischen Faktoren abhängt, macht das ENSI zudem sichtbar, ob sich eine Beurteilung auf die Technik bezieht oder auf Mensch und Organisation. Dies ergibt vier Bereiche, die systematisch zu beurteilen sind: 1. **Auslegungs-Vorgaben**, 2. **Betriebs-Vorgaben**, 3. **Zustand und Verhalten der Anlage** sowie 4. **Zustand und Verhalten von Mensch und Organisation**.

Die Sicherheitsvorsorge der Kernkraftwerke lässt sich aus zwei alternativen Perspektiven betrachten, die im Folgenden dargestellt werden. Die eine Perspektive ist das **Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge**, das Sicherheitsebenen und Barrieren umfasst. Die andere Perspektive ist das **Konzept der Schutzziele**, denn der Zweck der Sicherheitsvorsorge ist letztlich die Einhaltung übergeordneter Schutzziele.

Zum Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge: Dieses besteht aus mehreren hintereinander gestaffelten Ebenen von Vorkehrungen, von denen jeweils die nächste dazu dient, Schwachstellen der davor liegenden Ebenen aufzufangen. Zur **1. Ebene**

gehören systematische Vorkehrungen zur Vermeidung von Abweichungen vom Normalbetrieb. Für den Fall, dass es dennoch zu Abweichungen kommt, umfasst die **2. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Abweichungen vom Normalbetrieb mittels Begrenzungs- und Schutzsystemen und zur Entdeckung von Fehlern. Für Situationen, in denen diese nicht erfolgreich sind, werden auf einer **3. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen getroffen. Für die seltenen Fälle, in denen diese nicht ausreichend wirksam sind, werden auf einer **4. Ebene** Vorkehrungen zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Anlagenzustände getroffen. Die Sicherheitsebenen 1 bis 4 bilden die **anlageninterne** Sicherheitsvorsorge. Schliesslich umfasst die gestaffelte Sicherheitsvorsorge für den noch unwahrscheinlicheren Fall, dass trotz aller Massnahmen auf den Ebenen 1 bis 4 grössere Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt werden sollten, auf einer **5. Ebene** Vorkehrungen zur Linderung der Auswirkungen. Die Sicherheitsebene 5 umfasst die **anlagenexterne** Sicherheitsvorsorge.

Jede Ebene der gestaffelten Sicherheitsvorsorge dient dazu, vier grundlegende Schutzziele zu gewährleisten: Erstens ist beim Umgang mit Kernbrennstoffen jederzeit zu gewährleisten, dass die Reaktivität unter Kontrolle ist (Schutzziel **«Kontrolle der Reaktivität»**). Zweitens müssen Brennelemente jederzeit ausreichend gekühlt werden (Schutzziel **«Kühlung der Brennelemente»**). Drittens sind radioaktive Stoffe jederzeit sicher einzuschliessen (Schutzziel **«Einschluss radioaktiver Stoffe»**) und viertens ist die Strahlenexposition von Mensch und Umwelt jederzeit zu begrenzen (Schutzziel **«Begrenzung der Strahlenexposition»**). Die drei ersten Schutzziele dienen alle dazu, das vierte Schutzziel der Begrenzung der Strahlenexposition sicherzustellen. Massnahmen zur Gewährleistung der Schutzziele 3 und 4 werden auch als Strahlenschutz bezeichnet.

Für die Ebenen 1 bis 4 der gestaffelten Sicherheitsvorsorge – die anlageninterne Sicherheitsvorsorge – gilt, dass jede Sicherheitsebene für jedes Schutzziel Vorkehrungen umfasst. Somit werden für jedes Schutzziel Vorkehrungen auf jeder dieser Sicherheitsebenen getroffen. Einzig die Sicherheitsebene 5 – die anlagenexterne Sicherheitsvorsorge – dient ausschliesslich dem Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition», weil sie für den äusserst unwahrscheinlichen Fall da ist, dass die

anderen Schutzziele in einer Weise verletzt sind, die zur Freisetzung einer grösseren Menge radioaktiver Stoffe geführt hat oder führen kann.

Dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» dienen in Kernkraftwerken drei hintereinander liegende Barrieren: Die Brennstoffmatrix und die Hüllrohre der **Brennelemente** bilden die erste, die Umschliessung des **Primärkreislaufs** die zweite und das **Containment** die dritte Barriere. Die Integrität dieser Barrieren wird in der systematischen Sicherheitsbewertung dargestellt.

Nicht alle beurteilten Aspekte lassen sich klar einer oder mehreren spezifischen Sicherheitsebenen zuordnen. Manche Aspekte sind potenziell für alle Sicherheitsebenen von Bedeutung und betreffen somit das Gesamtrisiko des Kernkraftwerks. Solche Aspekte werden als Aspekte **mit ebenen- oder barrierenübergreifender Bedeutung** bezeichnet. Ebenso lassen sich nicht alle Aspekte klar einem oder mehreren spezifischen Schutzzielen zuordnen. Diese Aspekte werden als Aspekte **mit schutzzielübergreifender Bedeutung** bezeichnet.

Für alle Bewertungen wird eine einheitliche Skala verwendet. Die Skala basiert auf der internationalen Ereignisskala (INES), ist aber nach unten – im Bereich «below scale» (INES 0) – erweitert. Dadurch deckt sie nicht nur Vorkommnisse ab, sondern auch den ungestörten Normalbetrieb und sogar Aspekte, die Vorbildcharakter für andere Anlagen haben (vgl. Abbildung 1). Die Skala umfasst folgende Kategorien: G (gute Praxis), N (Normalität), V (Verbesserungsbedarf), A (Abweichung), 1 (Anomalie), 2 (Zwischenfall) und so weiter gemäss INES-Skala.

Die Kriterien für die Zuordnung zu den Kategorien G, N, V und A sind in Abbildung 2 genannt. In den Kategorien G, N, V und A sind stets alle Schutzziele im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen geforderten Mass erfüllt. Die Bewertungen der Kategorien 1 bis 7 basieren auf der Beurteilung von drei verschiedenen Kriterien: 1. auf den radioaktiven Abgaben an die Umwelt, 2. auf der Strahlenexposition des Personals und 3. (im Bereich der Kategorien 1 bis 3) auf der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zur Verhinderung eines Kernschadens und zur Verhinderung eines Schadens an den radiologischen Barrieren sowie (im Bereich der Kategorien 4 bis 5) auf der Schwere eines Kernschadens oder Barrierschadens. Es zählt jeweils das Kriterium, das zur höchsten Einstufung führt. Eine Einstufung aufgrund radioaktiver Ab-

gaben an die Umwelt bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» verletzt worden ist, wobei die freigesetzte Aktivität bis zur Kategorie 7 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Strahlenexposition des Personals bedeutet ab Kategorie 1, dass das Schutzziel «Begrenzung der Strahlenexposition» verletzt worden ist, wobei die Strahlendosis bis zur Kategorie 4 um mehrere Grössenordnungen zunimmt. Eine Einstufung aufgrund der Wirksamkeit der gestaffelten Sicherheitsvorsorge **kann** in den Kategorien 1 bis 3 bedeuten, dass die Schutzziele «Kontrolle der Reaktivität», «Kühlung der Brennelemente» oder «Einschluss radioaktiver Stoffe» nicht alle im gemäss den bewilligten Betriebsbedingungen geforderten Mass erfüllt sind. Es ist aber auch möglich, dass diese Schutzziele gerade noch erfüllt sind, aber zusätzliche Fehler zu einer Schutzzielverletzung führen würden. Eine Einstufung aufgrund der Schwere eines Kernschadens oder eines Barrierschadens bedeutet, dass Schutzziele verletzt worden sind.

Bei der Sicherheitsbewertung wird jeder beurteilte Aspekt sämtlichen Sicherheitsebenen, Barrieren und Schutzzielen zugeordnet, für die er von Bedeutung ist. Dadurch erscheinen manche Aspekte auf mehreren Sicherheitsebenen oder bei mehreren Schutzzielen. Ein Aspekt (zum Beispiel eine Komponente, ein Dokument, eine Person oder eine Handlung), der sich auf mehrere Sicherheitsebenen oder Schutzziele auswirkt, kann entsprechend auch mehrere Sicherheitsvorkehrungen schwächen. Da – wie bereits erwähnt – das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und das Konzept der Schutzziele alternative Betrachtungsweisen sind, kann jedes Element der Sicherheitsvorsorge sowohl Sicherheitsebenen als auch Schutzzielen zugeordnet werden. Entsprechend erscheint jeder beurteilte Aspekt sowohl in der Perspektive der gestaffelten Sicherheitsvorsorge als auch in der Schutzziel-Perspektive. Einer Barriere wird ein bewerteter Aspekt dann zugeordnet, wenn eine Aussage über den Zustand oder die Dichtigkeit dieser Barriere gemacht wird. Komponenten mit Barrierenfunktion werden nur dann auch Ebenen der gestaffelten Sicherheitsvorsorge zugeordnet, wenn auch die Funktion eines Systems von ihrem Funktionieren abhängt. Komponenten, welche ausschliesslich eine Barrierenfunktion haben, werden keiner Ebene – aber dem Schutzziel «Einschluss radioaktiver Stoffe» – zugeordnet.

Das ENSI hat im Jahr 2008 alle Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen und Vorkommnisanalysen nach dem beschriebenen System bewertet. Für die Kernkraftwerke hat es die Bewertungen zu einem umfassenden Gesamtbild zusammengefügt. Das Gesamtbild besteht einerseits aus einer Vielzahl von Einzelbewertungen in den verschiedenen Zellen der Sicherheitsbewertungs-Darstellung (z. B. 1 Bewertung A, 5 Bewertungen V, 12 Bewertungen N und 1 Bewertung G). Zum anderen hat das ENSI alle in einer Zelle enthaltenen Bewertungen zu jeweils einer Gesamtbewertung verdichtet (z. B. Bewertung A). Die Zellen-Gesamtbewertung ist normalerweise gleich der höchsten Einzelbewertung, weil die Tragweite eines Fehlers naturgemäss grösser ist als die Tragweite der erwartungsgemässen Sachverhalte. Entsprechend müssen sich die aus der Sicherheitsbewertung abzuleitenden Massnahmen auch primär auf die Diskrepanzen zum Erwarteten richten. Das ENSI betrachtet die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbewertung separat. In den nächsten Jah-

ren werden zusätzliche Datenquellen in die Bewertung einfließen. Weil zurzeit die verwendeten Datenquellen vor allem Information über das Betriebsgeschehen liefern, liegt der Erkenntnisgewinn der systematischen Sicherheitsbewertung vorderhand vor allem in diesem Bereich. Sobald wie geplant auch die Beurteilung von Änderungen im Rahmen von Freigaben für die Sicherheitsbewertung genutzt wird, wird das Bild im Bereich der beiden linken Spalten der Sicherheitsbewertungs-Darstellung vollständiger. Anlagenverbesserungen werden damit in Zukunft auch in der Sicherheitsbewertung sichtbar. Ergebnisse wiederkehrender Prüfungen erscheinen in der Sicherheitsbewertung jeweils im Jahr der Prüfung. Wenn eine Prüfung nicht jährlich erfolgt und ein Befund – weil er zulässig ist – bis zur nächsten Prüfung belassen werden kann, wird er in den Jahren, in denen keine Prüfung stattfindet, in der Sicherheitsbewertung zurzeit nicht dargestellt. Zentrale Ergebnisse dieser Bewertung für das Aufsichtsjahr 2008 sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

## Abbildung 1

ENSI-Sicherheitsbewertungs-Skala  
basierend auf der Internationalen Ereignisskala INES

<p><b>7</b> Schwerwiegender Unfall Freisetzung von &gt;10 000 TBq Iod-131-Äquivalent</p>	
<p><b>6</b> Ernsthafter Unfall Freisetzung von &gt;1 000 und &lt;10 000 TBq Iod-131-Äquivalent</p>	
<p><b>5</b> Unfall mit Gefährdung der Umgebung Freisetzung von &gt;100 und &lt;1 000 TBq Iod-131-Äquivalent</p>	
<p><b>4</b> Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung radioaktive Abgaben an die Umwelt: &gt;JAL <u>und</u> Dosis der Off-Site meist exponierten Person &gt;1 mSv</p>	<p><b>4</b> Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung Dosisbelastung eines Mitarbeiters, die einen vorzeitigen Tod erwarten lässt (Ganzkörperexposition ab ungefähr 5 Gy)</p>
<p><b>3</b> Ernsthafter Zwischenfall radioaktive Abgaben an die Umwelt &gt;JAL <u>und</u> Dosis der Off-Site meist exponierten Person &gt;0,1 mSv und &lt;1 mSv</p>	<p><b>3</b> Ernsthafter Zwischenfall Dosisbelastung eines Mitarbeiters, die eine akute Strahlenerkrankung erwarten lässt (Ganzkörperexposition von ungefähr 1 Gy, Körperoberflächenexposition von ungefähr 10 Gy)</p>
<p><b>2</b> Zwischenfall radioaktive Abgaben an die Umwelt &lt;JAL und &gt;0,1 mSv Dosis der Off-Site meist exponierten Person <u>oder</u> &gt;JAL und Dosis der Off-Site meist exponierten Person &lt;0,1 mSv</p>	<p><b>2</b> Zwischenfall Dosisbelastung eines Mitarbeiters &gt;50 mSv (Strahlenunfall)</p>
<p><b>1</b> Anomalie radioaktive Abgaben an die Umwelt &gt;KAL und &lt;JAL <u>und</u> Dosis der meist exponierten Person &lt;0,1 mSv</p>	<p><b>1</b> Anomalie Dosisbelastung eines Mitarbeiters über der Dosislimite (&gt;20 mSv bzw. &gt;5 mSv für 16- bis 18-Jährige bzw. für Schwangere &gt;2 mSv an der Oberfläche des Abdomens oder &gt;1 mSv Effektivdosis aufgrund einer Inkorporation)</p>
<p><b>0</b> below scale</p>	<p><b>0</b> below scale</p>

### Vorkommnisklassierungen: Radioaktive Abgaben an die Umwelt

Teilskala 1

### Vorkommnisklassierungen: Strahlenexposition des Personals

Teilskala 2

<b>5</b>	Unfall mit Gefährdung der Umgebung schwerer Kernschaden <u>oder</u> schwerer Schaden an den radiologischen Barrieren
<b>4</b>	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung bedeutender Kernschaden <u>oder</u> bedeutender Schaden an den radiologischen Barrieren
<b>Schäden an der Anlage</b>	
<b>3</b>	Ernsthafter Zwischenfall Beinaheunfall ohne Sicherheitsvorsorge-Reserven für zusätzliche Fehler
<b>2</b>	Zwischenfall wesentliche Schwächung der Sicherheitsvorsorge, aber mit Reserven für zusätzliche Fehler <u>oder</u> Verletzung der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen und systematische ungünstige Merkmale der Sicherheitskultur <u>oder</u> im INES-Manual definierte (vgl. „initiator approach“)
<b>1</b>	Anomalie Verletzung der bewilligten Betriebsbedingungen <u>oder</u> Abweichungen innerhalb des erlaubten Bereichs und systematische ungünstige Merkmale der Sicherheitskultur <u>oder</u> im INES-Manual definierte Fälle der Anforderung von Sicherheitssystemen (vgl. „initiator approach“)

**0** below scale

**Vorkommnisklassierungen:  
Gestaffelte Sicherheitsvorsorge**

Teilskala 3

<b>7</b>
<b>6</b>
<b>5</b>
<b>4</b>
<b>3</b>
<b>2</b>
<b>1</b>

below scale

**A**

**V**

**N**

**G**

INES

ENSI

<b>7</b>	Schwerwiegender Unfall*
<b>6</b>	Ernsthafter Unfall*
<b>5</b>	Unfall mit Gefährdung der Umgebung*
<b>4</b>	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung*
<b>3</b>	Ernsthafter Zwischenfall*
<b>2</b>	Zwischenfall*
<b>1</b>	Anomalie

<b>A</b>	Abweichung
<b>V</b>	Verbesserungsbedarf
<b>N</b>	Normalität
<b>G</b>	Gute Praxis

**Zellen-Bewertungen in  
Sicherheitsbewertungs-Matrix**

\* nur anwendbar für Bewertungen, die sich auf radioaktive Abgaben an die Umwelt oder die Strahlenexposition des Personals beziehen

## Abbildung 2

Definition der ENSI-Kategorien G, N, V und A

Kategorien	Kriterien
≥1	nach INES-Kriterien
<b>A</b> Abweichung	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>als Vorkommnis meldepflichtiger Sachverhalt innerhalb der bewilligten Betriebsbedingungen</b></li><li>• Abweichung von einem Gesetz, einer Verordnung oder einer behördlichen Richtlinie, welche gesetzliche Anforderungen präzisiert, falls die Abweichung eine Auswirkung auf die nukleare Sicherheit hat</li><li>• Abweichung von gesetzlichen Vorschriften bezüglich Arbeitssicherheit, wenn diese eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit haben</li></ul>
<b>V</b> Verbesserungsbedarf	<ul style="list-style-type: none"><li>• Schwachstelle</li><li>• Abweichung von nicht freigabepflichtigen Vorgaben</li></ul>
<b>N</b> Normalität	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erfüllung der Vorgaben</li></ul>
<b>G</b> Gute Praxis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erfüllung der Vorgaben und deutliches Übertreffen der Praxis in anderen Anlagen</li></ul>

**Tabelle 1**

Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3600
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	372	1020	1220
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	355	970	1165
Reaktortyp	Druckwasser	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

**Tabelle 2**

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2008

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9 176	9 554	8 786	24 434	28 846
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	3 061	3 201	2 973	7 892	9 308
Abgegebene thermische Energie [GWh]	162,8	7,6	1,7	189,1	–
Zeitverfügbarkeit <sup>1</sup> [%]	92,7	96,8	92,4	92,8	92,4
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	7,2	3,1	7,3	7,2	7,6
Arbeitsausnutzung <sup>2</sup> [%]	92,3	95,9	91,2	93,8	91,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	1	1	1	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	1	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10 % P <sub>N</sub> )	1	3	1	0	0

<sup>1</sup> Zeitverfügbarkeit (in %): Zeit, in der das Werk in Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand ist.

<sup>2</sup> Arbeitsausnutzung (in %): Produzierte Energie, bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

### Tabelle 3

Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2008 (in Klammern Werte von 2007)

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	36 (36)	21 (22)	26 (26)	23 (25)
Schichtchef	26 (26)	12 (11)	21 (20)	15 (15)
Pikettingenieur	13 (13)	7 (7)	14 (14)	12 (13)
Strahlenschutzsachverständiger	5 (5)	3 (3)	4 (4)	3 (3)
Strahlenschutzfachkraft	5 (5)	5 (6)	8 (8)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	4 (4)	6 (4)	4 (4)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	513 (514)	332 (320)	413 (401)	466 (448)

### Tabelle 4

Klassierte Vorkommnisse 2008

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
31.1.2008	KKB2	Manuell ausgelöste Rektorschnellabschaltung	0
15.3.2008	KKB1	Borsäurepumpe startet nicht bei Probelauf	0
10.4.2008	KKB2	Manuelle Abschaltung einer Generator-Turbo-Gruppe wegen Ölleckage	0
12.6.2008	KKG	Startversagen einer Dieselpumpe der zweiten Wasserfassung	0
1.7.2008	KKG	Brennstoffleckage im 30. Betriebszyklus	0
3.7.2008	KKB1	Reaktorschnellabschaltung während dem Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand	0
11.11.2008	KKG	Kurzer Spannungsunterbruch an einer gesicherten Schiene	0
15.11.2008	KKM	Reaktorschnellabschaltung bei Funktionsprüfung	0

## Tabelle 5

Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr  
(pro Werk in Pers.-mSv)

	KKB1		KKB2		KKG		KKL		KKM	
	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007
Aktionen										
BE-Wechsel		100	63							
Revisionsstillstand	439			357	686	452	924	403	881	900
Zwischenabstellung										
Leistungsbetrieb	53	56	56	52	88	97	157	209	249	402
Total	492	156	119	409	774	549	1081	612	1130	1302

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2008 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

Ort	Medium	Art der Abgaben <sup>4</sup>	Limiten <sup>1</sup> Bq/Jahr	Tatsächliche Abgaben <sup>2,4</sup>			Berechnete Jahresdosis <sup>3</sup>	
				Aequivalentabgaben		Bq/Jahr	Erwachsene mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
Bq/Jahr	Bq/Jahr	Prozent der Limite						
KKB1 + KKB2	Abwasser	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	8,4·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001
	3730 m <sup>3</sup>	Tritium	7·10 <sup>13</sup>	1,2·10 <sup>13</sup>	17%	1,2·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	4,9·10 <sup>12</sup>	0,5%	4,6·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 <sup>9</sup>	–	<0,1%	3,4·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I	4·10 <sup>9</sup>	5,9·10 <sup>6</sup>	0,1%	5,9·10 <sup>6</sup>	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	–	–	–	2,6·10 <sup>10</sup>	<0,001	0,0012		
Dosis total						<b>&lt;0,001</b>	<b>0,0014</b>	
KKM	Abwasser	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	2,1·10 <sup>9</sup>	<0,001	<0,001
	3781 m <sup>3</sup>	Tritium	2·10 <sup>13</sup>	1,2·10 <sup>11</sup>	0,6%	1,2·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	–	<0,1%	3,9·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	2,3·10 <sup>6</sup>	0,0038	0,0033
		Iod: <sup>131</sup> I	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	1,0·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	–	–	–	3,4·10 <sup>11</sup>	<0,001	0,0019		
Dosis total						<b>0,0042</b>	<b>0,0049</b>	
KKG	Abwasser	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	1,2·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
	7763 m <sup>3</sup>	Tritium	7·10 <sup>13</sup>	1,7·10 <sup>13</sup>	24%	1,7·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	<1,1·10 <sup>13</sup>	<1,1%	<1,0·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	1,7·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I	7·10 <sup>9</sup>	2,1·10 <sup>7</sup>	0,3%	2,1·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	–	–	–	6,2·10 <sup>10</sup>	<0,001	<0,001		
Dosis total						<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	
KKL	Abwasser	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	1,5·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001
	13469 m <sup>3</sup>	Tritium	2·10 <sup>13</sup>	1,4·10 <sup>12</sup>	7,0%	1,4·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	–	<0,1%	1,0·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	1,6·10 <sup>6</sup>	<0,001	<0,001
		Iod: <sup>131</sup> I	2·10 <sup>10</sup>	–	0,4%	1,6·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	–	–	–	5,9·10 <sup>11</sup>	0,0022	0,0049		
Dosis total						<b>0,0022</b>	<b>0,0050</b>	
ZZL	Abwasser	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 <sup>11</sup>	6,5·10 <sup>8</sup>	0,3%	2,6·10 <sup>9</sup>	<0,001	<0,001
	558 m <sup>3</sup>	Tritium	–	–	–	1,3·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 <sup>9</sup>	–	<0,1%	5,9·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 <sup>7</sup>	–	<0,1%	1,3·10 <sup>4</sup>	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	1·10 <sup>12</sup>	–	<0,1%	3,7·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001
Tritium	1·10 <sup>14</sup>	1,7·10 <sup>11</sup>	0,2%	1,7·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001		
Dosis total						<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	

Tabelle 6b

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2008 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	PSI Ost				PSI West			Gesamtanlage des PSI <sup>2,4</sup>			
	Hochkamin	Saphir, Proteus	For- schungs- labor	Betriebs- Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes- zwischen- lager	Zentrale Fortluft- anlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 3016 m <sup>3</sup>	Abluft	Aequivalent- abgaben
<b>Abgaben im Abwasser<sup>2,4</sup></b> [Bq/a] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	4,5·10 <sup>7</sup> 3,1·10 <sup>11</sup>	- -	9,7·10 <sup>6</sup> -
<b>Abgaben über die Abluft<sup>2,4</sup></b> [Bq/a] Edelgase und andere Gase β/γ-Aerosole <sup>4</sup> , ohne Iod α-Aerosole Iod Tritium in H <sub>2</sub> O Kohlenstoff: <sup>14</sup> C in CO <sub>2</sub>	- 3,1·10 <sup>8</sup> - 9,7·10 <sup>6</sup> 1,4·10 <sup>11</sup> -	- - - - 2,8·10 <sup>9</sup> -	- 2,3·10 <sup>4</sup> - - - -	- - - - 1,0·10 <sup>10</sup> -	- 3,6·10 <sup>5</sup> - - 1,2·10 <sup>10</sup> -	1,1·10 <sup>14</sup> 1,5·10 <sup>10</sup> - 2,5·10 <sup>7</sup> 1,6·10 <sup>12</sup> -	7,0·10 <sup>10</sup> 2,7·10 <sup>6</sup> - - - -	- - - 1,7·10 <sup>4</sup> - -	- -	1,1·10 <sup>14</sup> 1,5·10 <sup>10</sup> - 3,5·10 <sup>7</sup> 1,8·10 <sup>12</sup> -	2,4·10 <sup>14</sup> - - 2,6·10 <sup>7</sup> - -
<b>Jahresdosis<sup>3</sup></b> [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	0,0048 0,0048	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,0050 <0,0050
<b>Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert<sup>1</sup></b>	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	3,2 %	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<3,5%

Tabelle 6c (Fussnoten)

- 1 **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,2 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2003 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.
- 2 Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des ZZL oder PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca.  $\pm 50\%$ . Abgaben unterhalb 0,1 % der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet.
- 3 Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie G-14 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.  
Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.
- 4 Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Tatsächlichen Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:  
**Abwasser:** Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von  $5 \cdot 10^{-8}$  Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.  
**Edelgase:** Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von  $4.4 \cdot 10^{-7}$  (Sv/Jahr)/(Bq/m<sup>3</sup>). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine  $\beta$ -total-Messung durchgeführt; für die Äquivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80 % <sup>133</sup>Xe, 10 % <sup>135</sup>Xe und 10 % <sup>88</sup>Kr angenommen.

**Gase:** Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide <sup>11</sup>C, <sup>13</sup>N, <sup>15</sup>O und <sup>41</sup>Ar. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die einzelnen Abgabestellen und das gesamte PSI die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Für die Gesamtanlage wird zusätzlich auch die auf den Referenz-CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> normierte Abgabe aufgeführt.

**Aerosole:** Hier ist in jedem Fall die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar.

Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Strahlung der abgelagerten Aerosole, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosole, welche im Berichtsjahr abgegeben wurden, ist dem gegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

**Iod:** Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von <sup>131</sup>I limitiert; somit ist bei den tatsächlichen Abgaben auch nur dieses Iod-Isotop angegeben. Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtabgabe wird zudem auch ein <sup>131</sup>Iod-Äquivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestions-Dosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestions-Dosisfaktor von <sup>131</sup>I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen. Für die Berechnung der Jahresdosis werden sowohl für die KKW wie für das PSI immer sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von <sup>133</sup>I berücksichtigt.

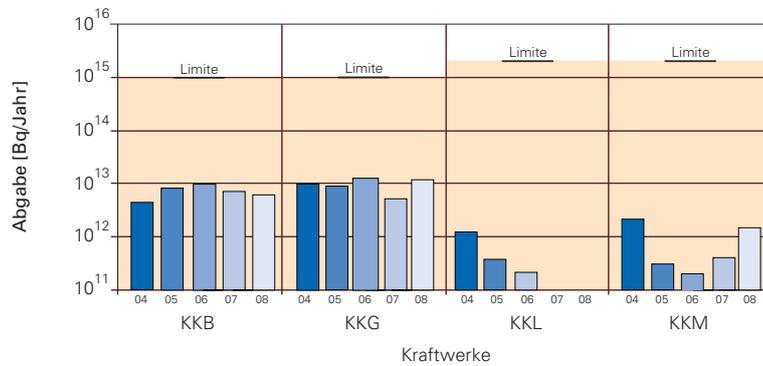
**Kohlenstoff <sup>14</sup>C:** In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des <sup>14</sup>C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für <sup>14</sup>C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

**Tabelle 7**

Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten

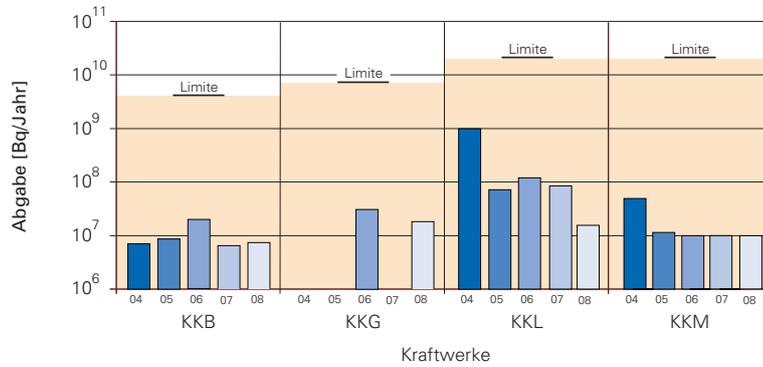
**Abluft**

Edelgase



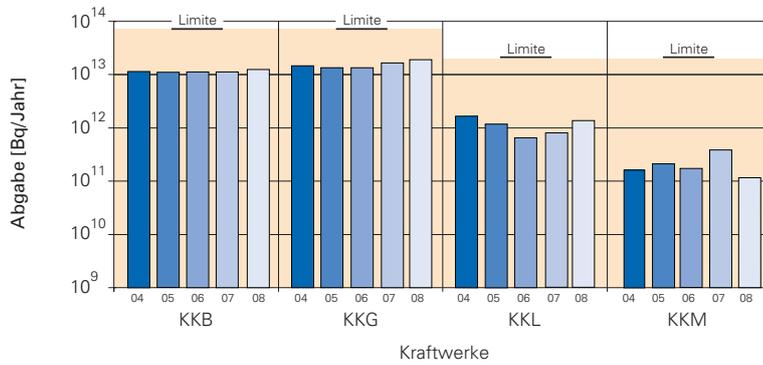
**Abluft**

Iod



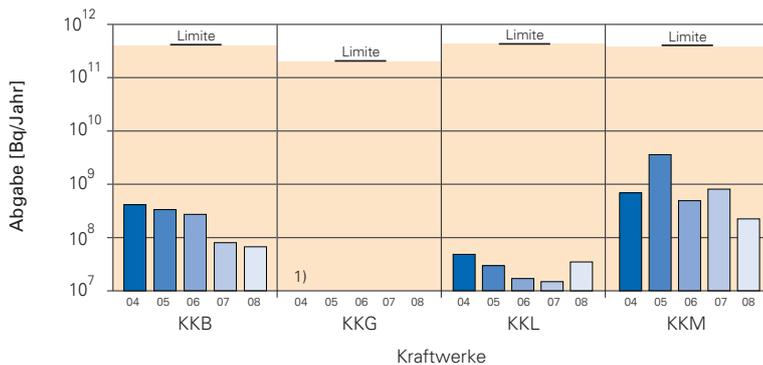
**Abwasser**

Tritium im Abwasser



**Abwasser**

ohne Tritium



1) Werte liegen unterhalb des untern Grafik-Bereichs

**Tabelle 8**

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2008  
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Volumina gerundet in m<sup>3</sup>

	unkonditioniert <sup>1</sup>			konditioniert		
	Anfall <sup>2</sup>	Auslagerung <sup>3</sup>	Bestand <sup>4</sup>	Produktion <sup>5</sup>	Auslagerung <sup>6</sup>	Bestand <sup>7</sup>
PSI	89	28	390	9	–	1389+5 <sup>8</sup>
KKB	21	16	116	12	–	1120
KKM	40	53	73	19	29	814
KKG	19	16	51	21	–	199
KKL	39	39	19	32	212	1165
Total	208	152	649	93	241	4687+5 <sup>8</sup>

- 1 Unkonditionierte Abfälle umfassen Instandhaltungs-, Prozess- und Rückbauabfälle sowie Sammelabfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.
- 2 Bruttovolumen im Berichtsjahr (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, Abschirmcontainer und Sperrgut).
- 3 Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZWILAG transferierten Abfälle für die Konditionierung in der Plasma-Anlage und der Konditionierungsanlage.
- 4 Bruttovolumen in den Kernanlagen (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, Abschirmcontainer und Sperrgut).
- 5 Bruttovolumen im Berichtsjahr.
- 6 Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZWILAG.
- 7 Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen (die Differenz zum Volumen von 2007 für KKL ergibt sich aus der Berücksichtigung in 2008 der exakten Gebinde-Volumina).
- 8 21+1 Gebinde von KKB am PSI zur Sanierung.

**Tabelle 9**

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2008

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Annahme	Bestand	Produktion	Auslagerung	Bestand
Geb. V+K <sup>1</sup> [m <sup>3</sup> ]	98 <sup>2</sup>	169 <sup>3</sup>	264 <sup>4</sup>	81	76	5
Lagergebäude (konditionierte Abfälle)				Einlagerung	Bestand	
MAA-Lager [m <sup>3</sup> ]				304	1198	
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Brennelementen				3	23	
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Glaskokillen				–	8	
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen				–	6	

- 1 Einschliesslich Hochregallager, Empfangsgebäude des K-Gebäudes und einigen Räumen im Gebäude M für die temp. Unterbringung von Stückgut.
- 2 Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZWILAG.
- 3 Hier enthalten sind noch Abschirmsteine aus dem KKM.
- 4 Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m<sup>3</sup>) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.

## Tabelle 10

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch unter [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) abrufbar

(Stand Januar 2009)

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
A04/d	Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen	Juli 2008
A05/d	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Umfang und Qualität	Januar 2009
A06/d	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen	Juni 2008
B02/d	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen	Dezember 2008
B03/d	Meldungen der Kernanlagen	Dezember 2008
B05/d	Anforderungen an die Konditionierung von radioaktiven Abfällen	Februar 2007
B07/d	Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Qualifizierung der zerstörungsfreien Prüfungen	September 2008
B11/d	Notfallübungen	November 2007
B11/f	Exercices d'urgence	November 2007
G05/d	Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung	April 2008
G07/d	Organisation von Kernanlagen	April 2008
G13/d	Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen	Februar 2008
G14/d	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung auf Grund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Februar 2008
R-004/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-005/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, mechanische Ausrüstungen	Oktober 1990
R-006/d	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-007/d	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Juni 1995
R-008/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-011/d	Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen	Mai 2003
R-012/d	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Oktober 1997
R-013/d	Inaktivfreigabe von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen (Freimessrichtlinie)	Februar 2002
R-016/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-018/d	Aufsichtsverfahren bei Reparaturen, Änderungen und Ersatz von mechanischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dezember 2000
R-021/d	Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle	November 1993
R-023/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Januar 2003
R-027/d	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken	Mai 1992

## Tabelle 10 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien

Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch unter [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) abrufbar

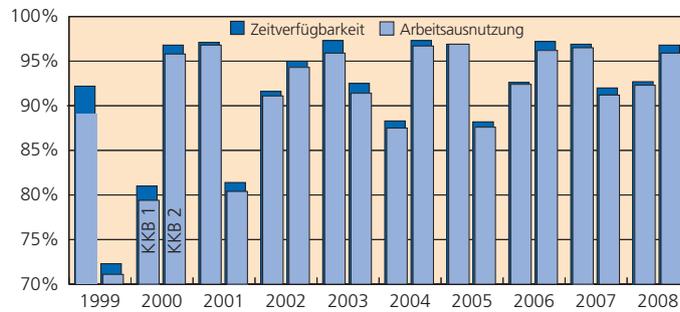
(Stand Januar 2009)

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-029/d	Anforderungen an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle	März 2004
R-030/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-031/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E-klassierte elektrische Ausrüstungen	Oktober 2003
R-032/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	September 1993
R-035/d	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-037/d	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK	Juli 2001
R-039/d	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal	Januar 1990
R-040/d	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-042/d	Zuständigkeiten für die Entscheide über besondere Massnahmen bei einem schweren Unfall in einer Kernanlage	Februar 2000
R-046/d	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter, rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken	April 2005
R-048/d	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-049/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	Dezember 2003
R-050/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003
R-051/d	Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen	November 2004
R-052/d	Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) für die Zwischenlagerung	Juli 2003
R-060/d	Überprüfung der Brennelementherstellung	März 2003
R-061/d	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren	Juni 2004
R-100/d	Nachweis ausreichender Vorsorge gegen Störfälle in Kernkraftwerken (Störfall-Richtlinie)	Dezember 2004
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren	Mai 1987
R-102/d	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-103/d	Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

**Figur 1**

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1999–2008

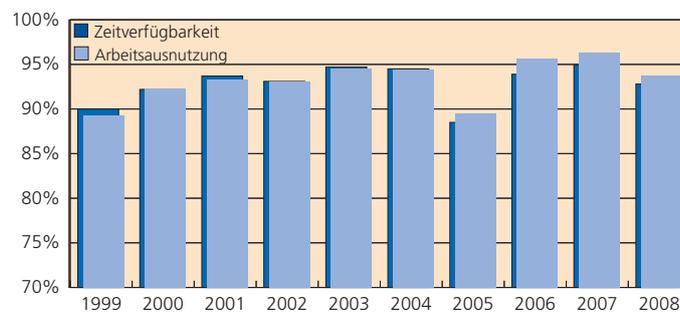
**KKB 1, 2**



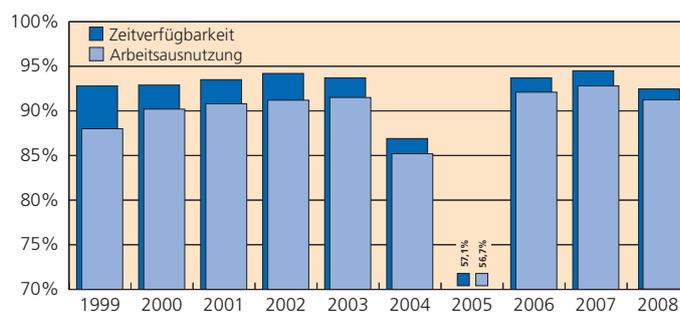
**KKM**



**KKG**



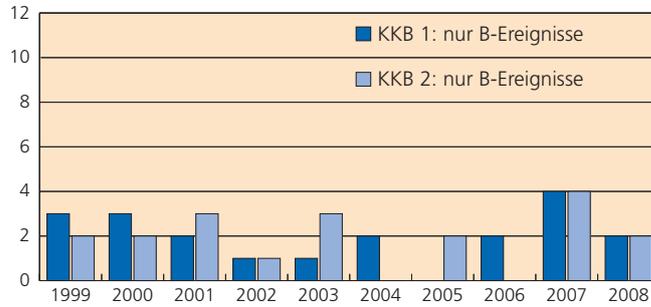
**KKL**



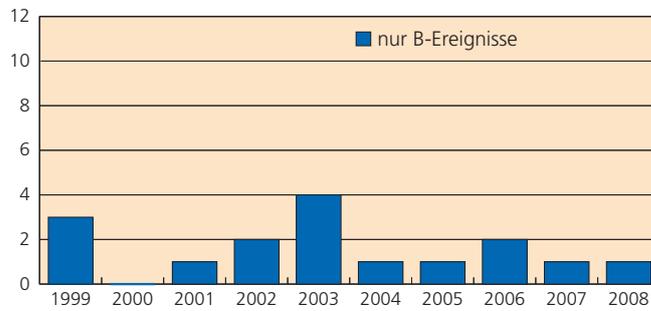
**Figur 2**

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1999–2008

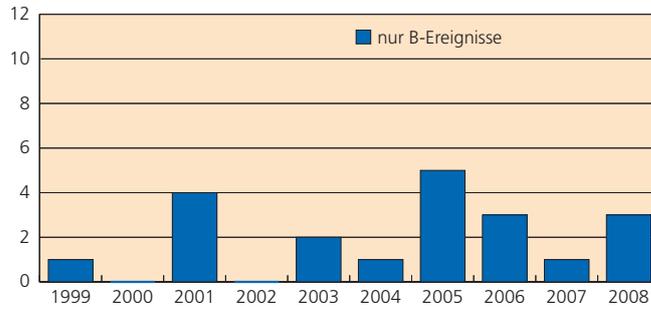
**KKB 1, 2**



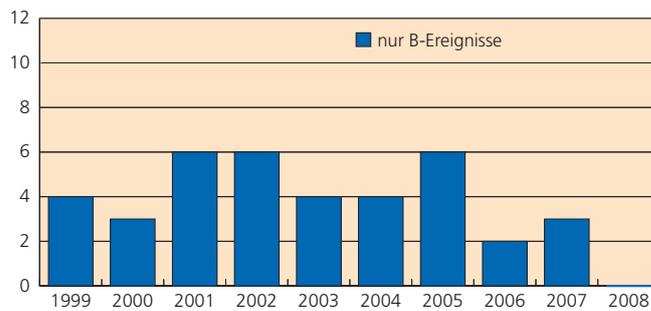
**KKM**



**KKG**



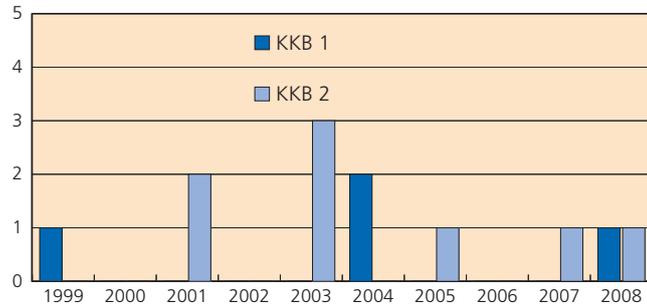
**KKL**



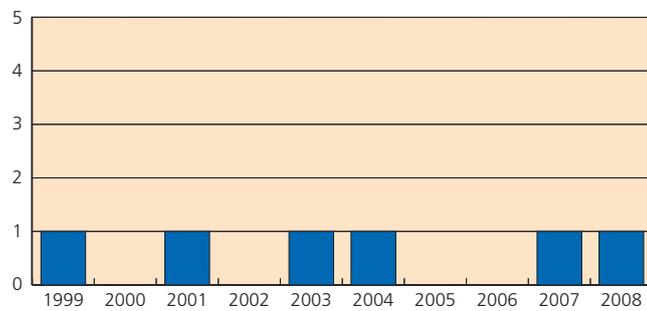
**Figur 3**

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1999–2008

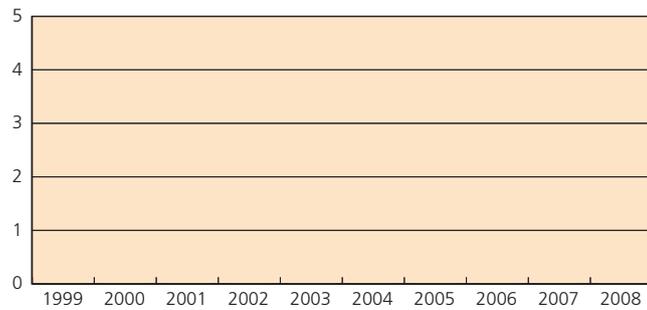
**KKB 1, 2**



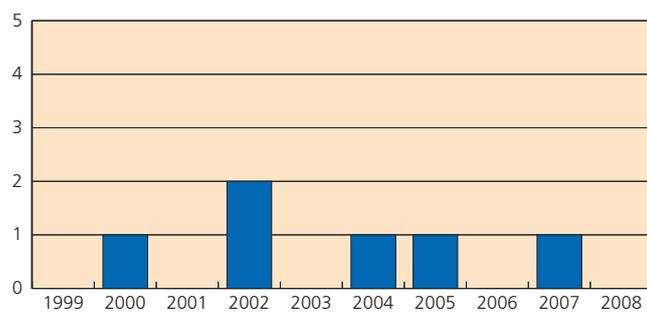
**KKM**



**KKG**



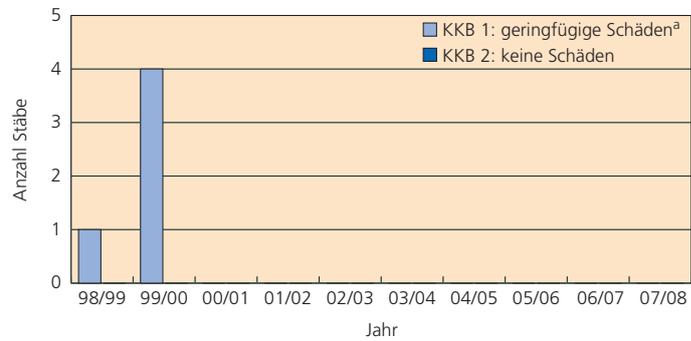
**KKL**



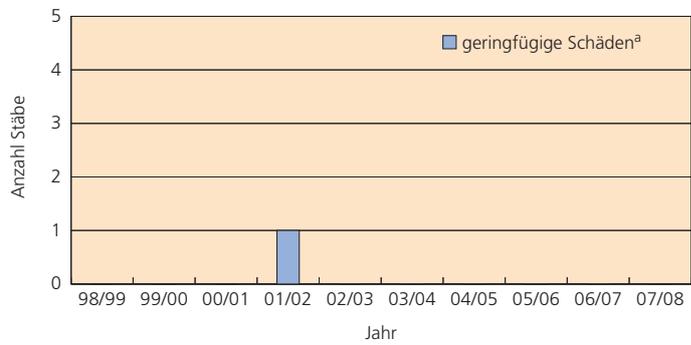
**Figur 4**

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1998–2008

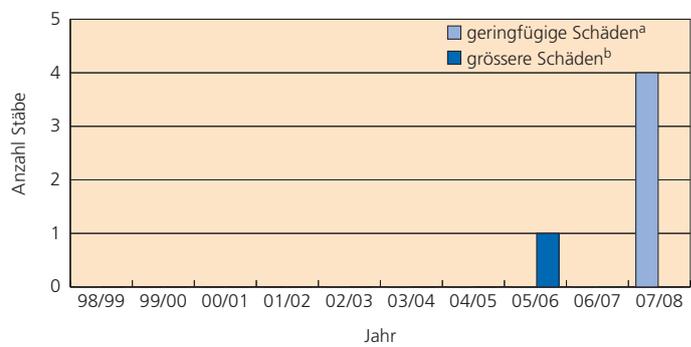
**KKB 1, 2**



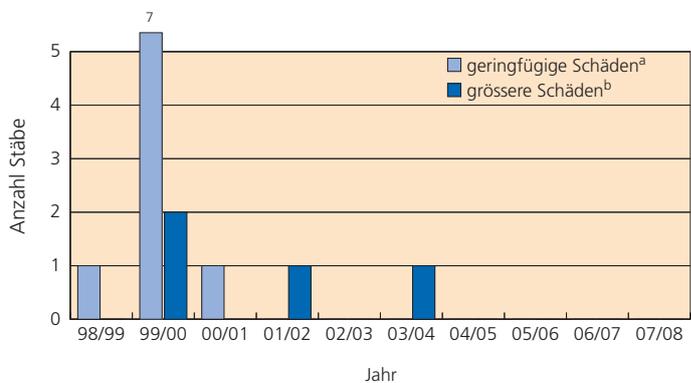
**KKM**



**KKG**



**KKL**

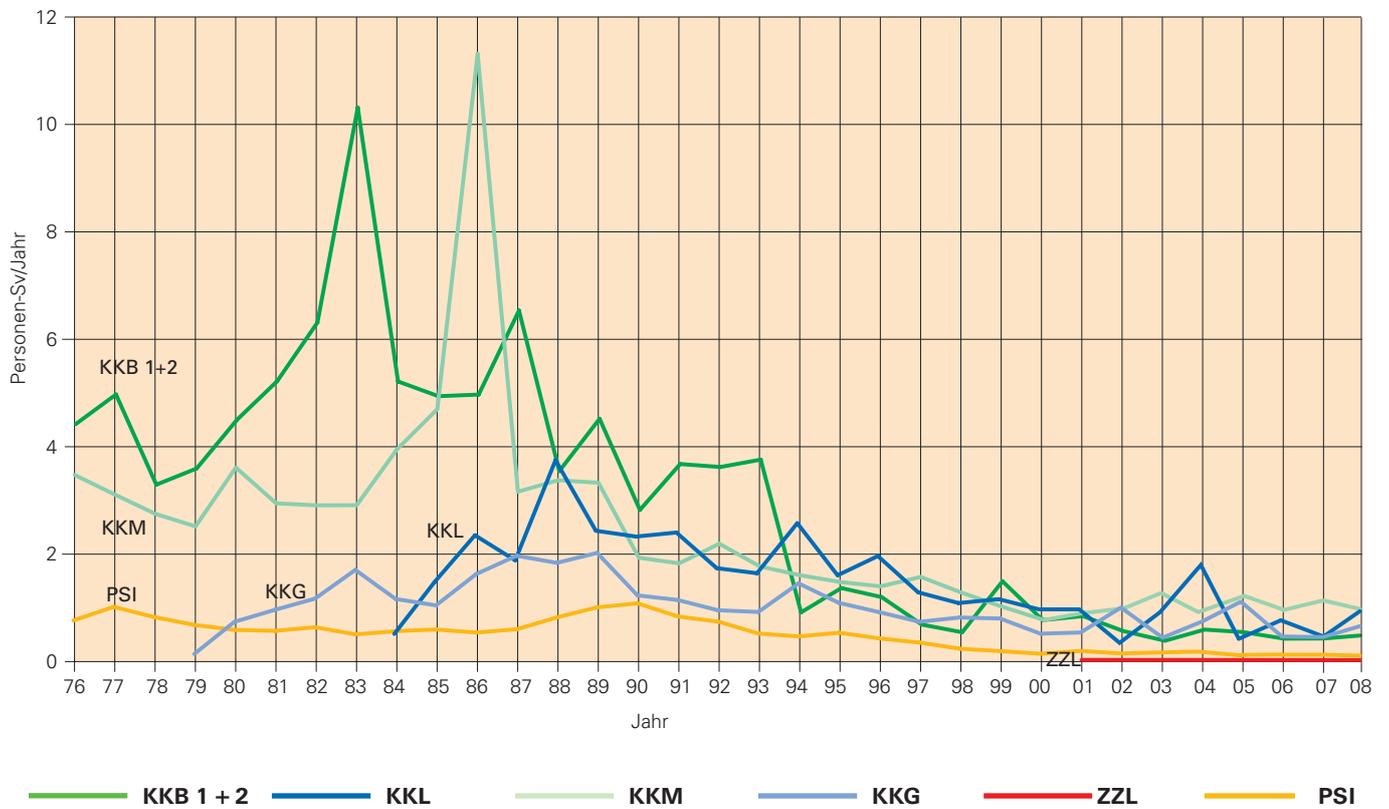


<sup>a</sup> z.B. Haarrisse im Hüllrohr

<sup>b</sup> z.B. grosser Riss oder Bruch des Hüllrohrs mit Brennstoffauswaschung

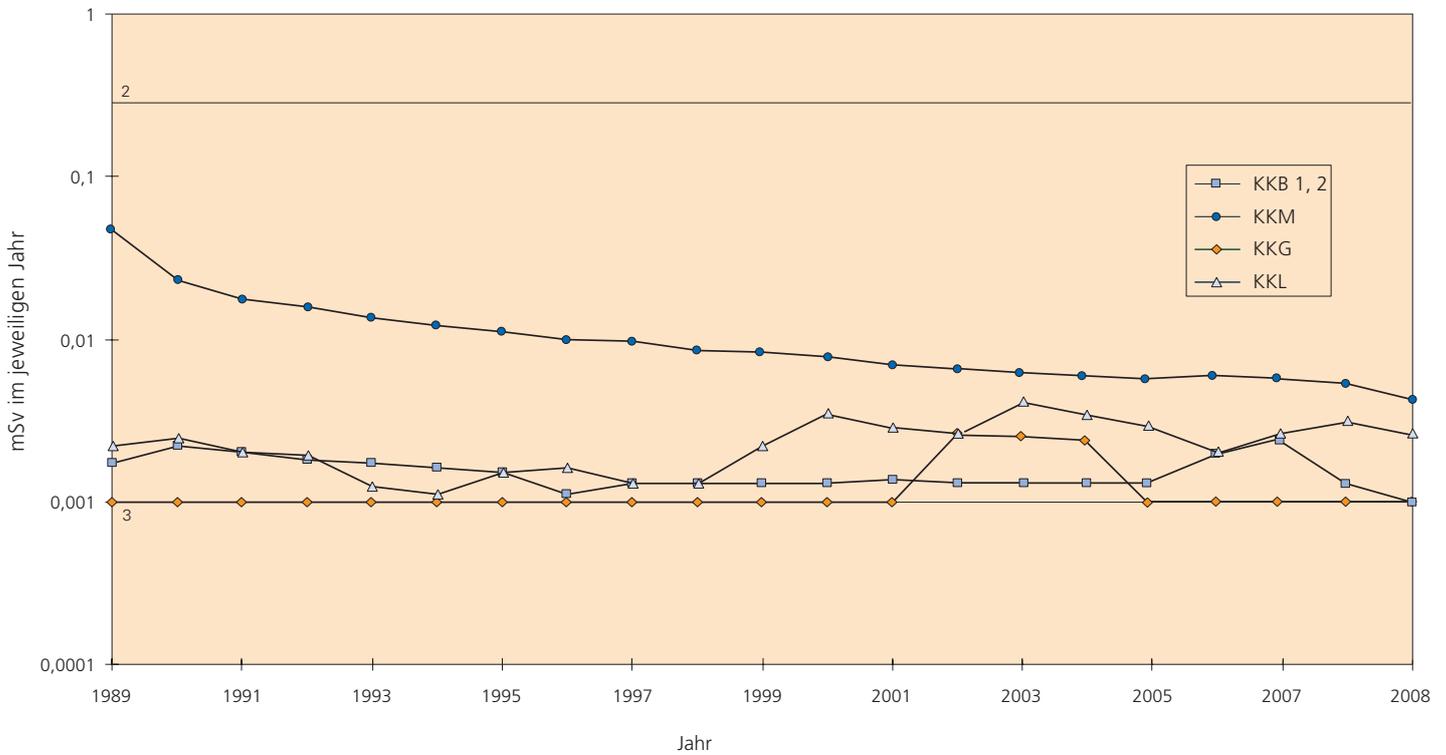
**Figur 5**

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1976–2008



**Figur 6**

Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen<sup>1</sup> (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW



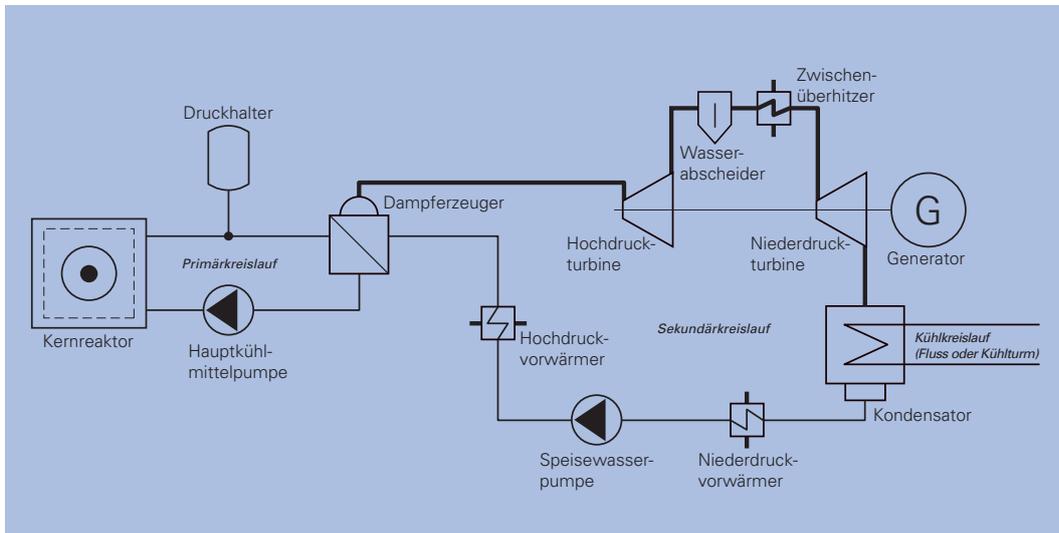
<sup>1</sup> Fiktive erwachsene Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerkes konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

<sup>2</sup> Quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr (StSV Art. 7, Richtlinie R-11).

<sup>3</sup> Werte kleiner als 0,001 mSv werden in der Figur nicht dargestellt.

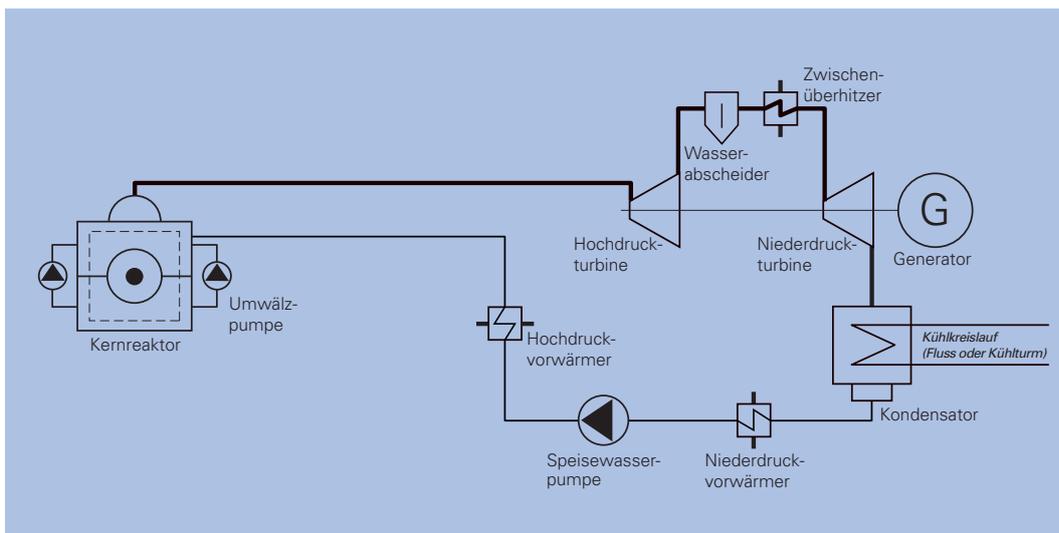
Figur 7a

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit **Druckwasserreaktor**



Figur 7b

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit **Siedewasserreaktor**



# Verzeichnis der Abkürzungen

ADAM	Accident Diagnostics, Analysis and Management
ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AIRS	Advanced Incident Reporting System
ALARA	«As low as reasonably achievable» (so gering wie vernünftigerweise erreichbar) Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) zur Dosisbegrenzung
AM	Accident Management
ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zum ENSI
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
ASME	American Society of Mechanical Engineers
<hr/>	
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
Bq	Becquerel
BZL	Bundesz Zwischenlager
BE	Brennelement
<hr/>	
CFS	Commission franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection
CIS/DAISY	Chemie Informationssystem/Daten-Analyse- und Informationssystem
CNS	Convention on Nuclear Safety
<hr/>	
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
<hr/>	
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = 10 <sup>9</sup> Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Analysis
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
<hr/>	
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
IGA	Institut de Génie Atomique, Lausanne
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Ereignisskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System
<hr/>	
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt

KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
KOMABC	Eidgenössische Kommission für ABC Schutz
KSA	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
KSR	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität
kV	Kilovolt = $10^3$ Volt, Spannungseinheit

---

LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor

---

MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid
mSv	Millisievert = $10^{-3}$ Sievert
$\mu$ Sv	Mikrosievert = $10^{-6}$ Sievert
MW	Megawatt = $10^6$ Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung

---

NADAM	Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency, Kernenergieagentur der OECD, Paris
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NTB	Nagra Technischer Bericht

---

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)

---

Pers.-mSv	Personen-Millisievert = $10^{-3}$ Personen-Sievert
Pers.-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung

---

QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung

---

RCIC	Reaktorkernisolations-Kühlsystem
RDB	Reaktordruckbehälter
REFUNA	Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail

---

SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
SWR	Siedewasserreaktor
<hr/>	
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 <sup>12</sup> Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
<hr/>	
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<hr/>	
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
Wh	Wattstunde
<hr/>	
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG



**Impressum**

ENSI Aufsichtsbericht 2008

**Herausgeber**

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
CH-5232 Villigen-ENSI

Telefon ++41(0)56 310 38 11

Telefax ++41(0)56 310 39 95

Neue Adresse ab Frühjahr 2010:

Industriestrasse 19, CH-5200 Brugg

**zu beziehen bei**

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Informationsdienst

CH-5232 Villigen-ENSI

oder per E-Mail

Info@ensi.ch

**Übersetzungen**

Dieser Aufsichtsbericht enthält das Vorwort und  
die Zusammenfassung in den Sprachen Deutsch,  
Französisch und Englisch.

**Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht...**

...informiert das ENSI in drei weiteren  
jährlichen Berichten aus seinem Arbeits-  
und Aufsichtsgebiet.

**abrufbar unter**

[www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)

ENSI-AN-6800

ISSN 1661-2876

© ENSI, April 2009

ENSI-AN-6800  
ISSN 1661-2876

ENSI, CH-5232 Villigen-ENSI (Schweiz), Telefon +41 (0)56 310 38 11, Fax +41 (0)56 310 39 95 und +41 (0)56 310 39 07, [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)