



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



Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch der EKKM AG

Neubauprojekt Ersatzkernkraftwerk Mühleberg



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI 13/10

Gutachten des ENSI zum Rahmenbewilligungsgesuch der EKKM AG

Neubauprojekt Ersatzkernkraftwerk Mühleberg

Brugg, September 2010

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Telefon +41(0)56 460 84 00
Telefax +41(0)56 460 84 99

Zu beziehen bei

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Informationsdienst
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
oder per E-Mail
Info@ensi.ch

Abrufbar unter

www.ensi.ch

Inhalt

1 Einleitung	7
1.1 Veranlassung	7
1.2 Angaben zum Gesuchsteller	7
1.3 Eingereichte Gesuchsunterlagen	7
1.4 Bedeutung des Rahmenbewilligungsverfahrens	8
1.5 Abgrenzung zum Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren	9
1.6 Beurteilungskriterien	9
1.7 Aufbau des Gutachtens	11
1.8 Ablauf der Gutachtenerstellung	12
2 Zweck und Grundzüge des Neubauprojekts	13
2.1 Zweck des Projekts	13
2.2 Angaben zum Standort und zum Kraftwerksareal	13
2.3 Angaben zur geplanten Anlage	14
2.4 Auslegungsgrundsätze	20
3 Projektmanagement	22
3.1 Projektorganisation	22
3.2 Qualitätsmanagement	26
4 Standorteigenschaften und Gefährdungen	29
4.1 Standorteigenschaften	29
4.1.1 Geografie und Bevölkerungsverteilung	29
4.1.2 Verkehrswege und Industrie	31
4.1.3 Logistik und Baustelleneinrichtung	39
4.1.4 Meteorologie	41
4.1.5 Hydrologie und Grundwasser	47
4.1.6 Geologie, Baugrund und Seismik	53
4.1.7 Netzanbindung	76
4.1.8 Infrastruktur Brandschutz	80
4.2 Standortspezifisches Gefährdungspotenzial	81
4.2.1 Auswahl der Ereignisse und Gefährdungen	81
4.2.2 Erdbeben	83
4.2.3 Externe Überflutung	87
4.2.4 Flugzeugabsturz	92
4.2.5 Extreme Winde und Tornados	98
4.2.6 Andere standortspezifische Gefährdungen	101
4.3 Zusammenfassende Bewertung der Standorteignung	106

5 Strahlenschutz	109
5.1 Rechtfertigung, Begrenzung und Optimierung	109
5.2 Quellenbezogener Dosisrichtwert	110
5.3 Voraussichtliche Strahlenexposition innerhalb und in der Umgebung der Anlage	112
5.4 Notfallschutz	113
6 Menschliche und organisatorische Aspekte	116
6.1 Entwicklung der Organisation für den Betrieb des Kernkraftwerks	116
6.2 Berücksichtigung der menschlichen Faktoren bei der Entwicklung der Anlage	117
7 Sicherung	121
7.1 Standorteigenschaften für die Sicherung	121
7.2 Gefährdungsannahmen	122
7.3 Bauliche, technische, organisatorische und administrative Massnahmen	123
8 Stilllegungskonzept	126
9 Entsorgung	130
10 Gesamtbewertung	134
11 Anträge für Auflagen	137
12 Hinweise des ENSI	139
13 Referenzen	141
Anhang: Abkürzungen	148

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.3-1: Beispielhafte Übersicht einer Anlageanordnung mit einem EPR und einem Hybridkühlturm am Standort Niederruntigen (Quelle: SIB EKKM)	17
Abbildung 2.3-2: Beispielhafte Übersicht einer Anlageanordnung mit einem EPR und zwei Hybridkühltürmen am Standort Niederruntigen (Quelle: SIB EKKM)	17
Abbildung 4.1-1: Tektonische Übersichtskarte der Standortregion, kombiniert mit den bekannten Erdbeben (Quelle: SIB EKKM), FS = Fribourg-Struktur, LL = La-Lance-Störung	55
Abbildung 4.1-2: Strukturkarte der Basis Tertiär im Standortgebiet aufgrund der seismischen Auswertungen (modifiziert nach [34])	58
Abbildung 4.1-3: Lage der Erdbeben in der Schweiz und in den angrenzenden Gebieten aus dem Erdbebenkatalog des SED zwischen ca. 1000 und 2007 (Quelle: SIB EKKM)	71
Abbildung 4.1-4: Epizentrenkarte des westlichen Molassebeckens für den Zeitraum von 1984 bis 2003 mit Magnitude $M_w > 1$ (Quelle: SIB EKKM)	72

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.3-1: Abmessungen der wichtigsten Gebäude des EKKM (Quelle: SIB EKKM)	16
Tabelle 4.1-1: Betriebe im Umkreis von 8,5 km um den Standort EKKM (Quelle: SIB EKKM)	31
Tabelle 4.1-2: Berücksichtigte Szenarien zu Verkehrs- und Transportwegen am Boden inkl. entsprechender Schadensradien und Beurteilung (Quelle: SIB EKKM)	34

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Am 4. Dezember 2008 reichte die Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG) dem Bundesamt für Energie (BFE) das Rahmenbewilligungsgesuch für das Neubauprojekt «Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg» (EKKM) ein [1]. Gegenstand des Gesuchs ist der geplante Bau eines Leichtwasserreaktors mit einer elektrischen Leistung von 1 450 MW und einer Toleranz von rund +/- 20 % am Standort Niederruntigen (Mühleberg, Kanton Bern), unmittelbar nordöstlich des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) hat als zuständige Aufsichtsbehörde des Bundes ein Gutachten zu erstellen, in welchem Fragen der nuklearen Sicherheit und Sicherung unter Einschluss des Strahlenschutzes sowie der Stilllegung und der Entsorgung radioaktiver Abfälle zu behandeln sind. Das Gutachten bildet eine Grundlage für den Entscheid des Bundesrats über die Erteilung der Rahmenbewilligung.

1.2 Angaben zum Gesuchsteller

Gesuchsteller ist die EKKM AG mit Sitz in Mühleberg BE, eine gemeinsame Tochtergesellschaft der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), der BKW FMB Energie AG (BKW) sowie der Centralschweizerischen Kraftwerke AG (CKW). Die Planungsarbeiten für das EKKM inklusive Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuchs werden durch die Resun AG, Aarau, im Auftrag der EKKM AG durchgeführt. Die Resun AG ist ebenfalls eine Tochtergesellschaft der drei oben genannten Unternehmen und wurde als Planungsgesellschaft für den Ersatz der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg gegründet. Die am Neubauprojekt EKKM beteiligten Firmen verfügen über eine langjährige Erfahrung mit der Projektierung, dem Bau und dem Betrieb von Kernkraftwerken.

Die oben aufgeführten Angaben zum Gesuchsteller beziehen sich auf das Datum der Ersteinreichung der Gesuchsunterlagen vom Dezember 2008. Seit dem 1. Oktober 2009 firmiert die NOK unter dem Namen Axpo AG.

1.3 Eingereichte Gesuchsunterlagen

Die EKKM AG reichte dem BFE die gemäss Art. 23 der Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV, [10]) erforderlichen Gesuchsunterlagen ein. Darunter befinden sich auch die folgenden vier vom ENSI zu begutachtenden Berichte:

- Sicherheitsbericht [2]
- Sicherungsbericht [3]
- Konzept für die Stilllegung [6]
- Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle [7]

Zusätzlich wurden vom Gesuchsteller ein Umweltverträglichkeitsbericht [4] sowie ein Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung [5] eingereicht. Diese beiden Berichte sind nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens; sie werden vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) respektive vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) geprüft.

1.4 Bedeutung des Rahmenbewilligungsverfahrens

Mit der Rahmenbewilligung werden grundsätzliche, politisch bedeutsame Fragen entschieden, die sich im Zusammenhang mit dem Neubau eines Kernkraftwerks stellen. Die Rahmenbewilligung ist Voraussetzung für die Bau- und die Betriebsbewilligung.

In der Rahmenbewilligung werden die wichtigsten Elemente der geplanten Anlage festgelegt, nämlich der Bewilligungsinhaber, der Standort und der Zweck der Anlage, die Grundzüge des Projekts sowie die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage (vgl. Art. 14 des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003 (KEG, [8]); Botschaft des Bundesrats zum Kernenergiegesetz [9], BBl 2001 III 2766). Als Grundzüge des Projekts gelten die ungefähre Grösse und Lage der Bauten, das Reaktorsystem (z.B. Leicht- oder Schwerwasserreaktor), die Leistungsklasse und das Hauptkühlsystem (z.B. Flusswasserkühlung oder Kühlturm).

Aus nuklearrechtlicher Sicht setzt die Erteilung einer Rahmenbewilligung voraus, dass der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden kann, ein Stilllegungskonzept vorliegt und der Nachweis der Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle erbracht ist (Art. 13 KEG; Botschaft des Bundesrats zum Kernenergiegesetz [9], BBl 2001 III 2764 ff.). Die genannten Voraussetzungen sind zum Teil identisch mit denjenigen für die Erteilung einer Baubewilligung und einer Betriebsbewilligung; sie werden aber in den späteren Bewilligungsverfahren anhand der konkreten Anlagenauslegung nachgewiesen resp. vertieft überprüft.

Zu den einzelnen nuklearrechtlichen Bewilligungsvoraussetzungen ist Folgendes anzumerken:

Die Gewährleistung des Schutzes von Mensch und Umwelt ist auf allen drei Bewilligungsstufen zu überprüfen. Im Rahmenbewilligungsverfahren beschränkt sich die Prüfung darauf, ob die erst in den Grundzügen projektierte Anlage am geplanten Standort voraussichtlich so gebaut und betrieben werden kann, dass der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden kann. Dies bedingt insbesondere, dass bei entsprechender Detailausführung die massgebenden Bestimmungen zum radiologischen Schutz von Bevölkerung, Betriebspersonal und Umwelt sowohl im Normalbetrieb als auch unter Störfallbedingungen eingehalten werden können. Bei der Rahmenbewilligung stehen grundsätzliche, die Standorteignung betreffende Fragen im Vordergrund, beispielsweise die Geologie, die Seismik oder die Hydrologie oder die grundsätzliche Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen. Aus den Standorteigenschaften lässt sich die Gefährdung der geplanten Anlage durch Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage (z.B. Erdbeben oder Überflutung) und die später erforderliche Auslegung der Anlage gegen diese Gefährdungen ableiten. In den folgenden Bewilligungsschritten verlagert sich der Fokus auf anlagenspezifische Aspekte.

Im Hinblick auf die Stilllegung der Anlage sind im Rahmenbewilligungsverfahren lediglich grundsätzliche Überlegungen auf Konzeptstufe verlangt. Eine vertiefte Überprüfung erfolgt im Baubewilligungsverfahren, wo vom Gesuchsteller ein konkreter, das Stilllegungskonzept präzisierender Plan für die Stilllegung vorzulegen ist.

Der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle wird im Rahmenbewilligungsverfahren abschliessend geprüft. Dabei ist indessen kein strikter Nachweis erforderlich, dass die Einlagerung der anfallenden radioaktiven Abfälle in ein bestehendes bzw. konkret projektiertes geologisches Tiefenlager möglich ist. Vielmehr müssen Lösungswege aufgezeigt werden, die mit grosser Wahrscheinlichkeit gangbar sind, wobei noch bestehende Ungewissheiten die grundsätzliche Machbarkeit nicht in Frage stellen dürfen [9]. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der Sachplan geologische Tiefenlager [121] die vom Ersatzkernkraftwerk Mühleberg in Zukunft verursachten Volumina an radioaktiven Abfällen mit einschliesst.

1.5 Abgrenzung zum Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren

Im Rahmenbewilligungsverfahren werden entsprechend den Angaben im vorhergehenden Kapitel die grundsätzlichen Aspekte des Neubaus eines Kernkraftwerks beurteilt (Art. 14 KEG). Zentrales Element in dieser Bewilligungsphase ist für das ENSI die Beurteilung der Standorteigenschaften. Von der zu projektierenden Anlage sind vorerst nur die Grundzüge darzulegen, während die konkrete Anlagenauslegung in den späteren Bewilligungsverfahren zu beurteilen ist. Auf Stufe Rahmenbewilligung weisen die Ausführungen in den Gesuchsunterlagen deshalb häufig – insbesondere im Zusammenhang mit der Auslegung der projektierten Anlage – den Charakter von Absichtsbekundungen auf, in denen grob skizziert wird, wie die im Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren zu beachtenden Vorgaben eingehalten werden sollen. Derartige Ausführungen sind durchaus angebracht, denn sie erlauben es, grundsätzliche, bereits auf Konzeptstufe angelegte Mängel frühzeitig zu entdecken und zu korrigieren. In diesem Sinn hat das ENSI im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Gutachtens Absichtsbekundungen, welche für die Fortführung des Projekts von wesentlicher Bedeutung sind, auf ihre Plausibilität und die prinzipielle Vereinbarkeit mit den zu beachtenden gesetzlichen und behördlichen Vorgaben überprüft. Das ENSI weist aber darauf hin, dass eine abschliessende Beurteilung auf Grundlage der vom Gesuchsteller einzureichenden Detailunterlagen in den nachfolgenden Bewilligungsverfahren zu erfolgen hat.

1.6 Beurteilungskriterien

Die Kernenergiegesetzgebung umschreibt den Inhalt der Rahmenbewilligung, die vom Gesuchsteller einzureichenden Unterlagen, das für die Erteilung massgebende Verfahren sowie die Bewilligungsvoraussetzungen. Die im Rahmenbewilligungsverfahren massgebenden nuklearrechtlichen Bewilligungsvoraussetzungen werden in der Gesetzgebung nicht näher konkretisiert. Prinzipiell sind aber bereits im Rahmenbewilligungsverfahren die auf den Bau und Betrieb von Kernkraftwerken anwendbaren Bestimmungen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung zu beachten. Dies insoweit, als zu prüfen ist, ob das projektierte Kernkraftwerk voraussichtlich (wenn es einmal gebaut und in Betrieb ist) die gesetzlichen Vorgaben wird einhalten können.

Da in der Rahmenbewilligung nur die wichtigsten Elemente der Anlage festgelegt werden, erfolgt die Prüfung in vielen Bereichen eher summarisch. Eine Detailprüfung ist den nachfolgenden Bewilligungsverfahren vorbehalten.

Bei der Beurteilung des vorgelegten KKW-Neubauprojekts stützt sich das ENSI primär auf die Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung, insbesondere auf:

- das Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003 [8];
- die Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 [10];
- das Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991 [12];
- die Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 [13].

Als weitere Beurteilungsgrundlage dienen Richtlinien des ENSI, welche rechtliche Anforderungen aus Gesetzen und Verordnungen konkretisieren.

Neu projektierte Kernkraftwerke müssen auf jeden Fall dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen (Art. 4 KEG, vgl. auch Botschaft des Bundesrats zum Kernenergiegesetz [9], BBl 2001 III 2758). Da für diverse im Rahmenbewilligungsverfahren zu prüfende Aspekte – insbesondere solche der Standorteignung – keine konkreten Vorgaben im (nationalen) Regelwerk bestehen, kommt dem Stand von Wissenschaft und Technik eine wichtige Bedeutung als Beurteilungsgrundlage zu.

Der aktuelle Stand der Technik wird insbesondere festgelegt durch:

- die anerkannten technischen in- und ausländischen Normen, beispielsweise Europäische Normen (EN), Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA), des Deutschen Instituts für Normung (DIN), der International Electrotechnical Commission (IEC), des Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), etc.;
- die kerntechnischen Regelwerke ausgewählter Länder mit langjähriger Erfahrung in Bau und Betrieb von Kernkraftwerken wie z.B. der Boiler and Pressure Vessel Code der American Society of Mechanical Engineers (ASME) und die Regeln des deutschen Kerntechnischen Ausschusses (KTA);
- die Empfehlungen internationaler Gremien wie z.B. der International Atomic Energy Agency (IAEA) und der International Commission on Radiological Protection (ICRP);
- den Stand der Technik bei im Ausland neu gebauten bzw. projektierten Kernkraftwerken.

Unter dem Stand der Wissenschaft werden Erkenntnisse aus der Forschung verstanden, die allgemein anerkannt sind.

Die konkreten Beurteilungsgrundlagen sind fachspezifisch in den einzelnen Kapiteln des vorliegenden Gutachtens aufgeführt.

1.7 Aufbau des Gutachtens

Kapitel 1 des vorliegenden Gutachtens enthält allgemeine Angaben zum Gesuchsteller, zu den eingereichten Gesuchsunterlagen, zum Bewilligungsverfahren und zur Gutachtenerstellung sowie zu den allgemeinen Beurteilungskriterien, die das ENSI bei der Bewertung der Angaben des Gesuchstellers berücksichtigt hat.

In Kapitel 2 werden der Zweck und die Grundzüge des Neubauprojekts EKKM behandelt. In diesem Kapitel finden sich grundlegende Angaben zur geplanten Anlage und deren vorgesehener Auslegung. Kapitel 3 thematisiert die Projektorganisation und das Qualitätsmanagement der EKKM AG bei der Erstellung der Gesuchsunterlagen für das Rahmenbewilligungsgesuch sowie für die nachfolgenden Projektphasen. Von zentraler Bedeutung für das Rahmenbewilligungsgesuch sind die Kapitel 4.1 und 4.2, in welchen die Standorteigenschaften und die für den Standort relevanten externen Gefährdungen im Detail untersucht werden. Die standortspezifischen Gefährdungen werden die spätere Auslegung des EKKM beeinflussen. In den Kapiteln 5 und 6 werden der Strahlenschutz sowie menschliche und organisatorische Aspekte behandelt.

Der von der EKKM AG als separates Dokument eingereichte Sicherheitsbericht ist Gegenstand des Kapitels 7. Die für die Erteilung einer Rahmenbewilligung erforderlichen Angaben zur Sicherung sind weitgehend generischer Natur und bedürfen daher keiner Geheimhaltung. Neben der Sicherung werden auch die Themen Stilllegung und Entsorgung von der EKKM AG in eigenständigen Berichten behandelt. In den Kapiteln 8 und 9 werden die entsprechenden Angaben bewertet. In Kapitel 10 findet sich eine Gesamtbewertung des ENSI zu den begutachteten Themen. Kapitel 11 fasst die Anträge des ENSI für Auflagen zuhanden der Bewilligungsbehörde zusammen, und in Kapitel 12 sind Hinweise des ENSI, die in späteren Bewilligungsverfahren zu beachten sind, zusammengestellt.

Kapitel, in denen Aussagen des Gesuchstellers vom ENSI beurteilt werden, sind wie folgt strukturiert:

- Zusammenfassende Sachverhaltsdarstellung aus Sicht des Gesuchstellers («Angaben des Gesuchstellers»);
- Auflistung der angewendeten Beurteilungsgrundlagen («Beurteilungsgrundlagen»);
- Stellungnahme des ENSI («Beurteilung des ENSI»), ggf. mit Auflagenvorschlag und/oder Hinweis.

Als «Hinweise» werden im Gutachten erforderliche weitergehende Untersuchungen des Gesuchstellers bezeichnet, die nicht den Stellenwert von Auflagen aufweisen. Diese Hinweise betreffen somit keine Sachverhalte, die für das Rahmenbewilligungsverfahren relevant oder deren Erfüllung von Bedeutung für die Erteilung einer Rahmenbewilligung sind. Es handelt sich vielmehr um Hinweise, die vom Gesuchsteller im Laufe der nachfolgenden Bewilligungsverfahren beachtet werden müssen und deren Erfüllung durch das ENSI überprüft wird.

1.8 Ablauf der Gutachtenerstellung

Die Überprüfung der Gesuchsunterlagen der EKKM AG durch das ENSI und der Ablauf der Gutachtenerstellung umfassten die folgenden Schritte:

1. Einreichung der Berichte zum Rahmenbewilligungsgesuch der EKKM AG am 4. Dezember 2008 beim Bundesamt für Energie BFE als Leitbehörde.
2. Grobprüfung der Gesuchsunterlagen durch das ENSI und seine externen Experten (Basler & Hofmann, Schweizerischer Erdbebendienst SED der ETH Zürich, MeteoSchweiz, Dr. von Moos AG) und Zustellung der Ergebnisse der Grobprüfung an das BFE und die EKKM AG per 30. April 2009.
3. Überarbeitung der Gesuchsunterlagen durch die EKKM AG entsprechend den Ergebnissen der Grobprüfung und Neueinreichung der Unterlagen per 30. Oktober 2009.
4. Erstellung der Gutachtenbeiträge: Überprüfung der Berücksichtigung der Grobprüfungskommentare, Prüfung und Zusammenfassung der Angaben des Antragstellers, Darlegung der Beurteilungsgrundlagen sowie fachliche Beurteilung durch die zuständigen Fachsektionen des ENSI unter massgeblicher Mitwirkung der oben erwähnten externen Experten.
5. Zusammenführen der Gutachtenbeiträge zu einem Gutachtenentwurf und Redigieren des Entwurfs.
6. Sichtung und Kommentierung des Gutachtenentwurfs durch die Geschäftsleitung des ENSI sowie Festlegung der Auflagenvorschläge.
7. Zustellung des Gutachtenentwurfs an die EKKM AG zur Prüfung, ob die Angaben der EKKM AG im Sicherheitsbericht vom ENSI im Gutachtenentwurf korrekt zitiert bzw. zusammengefasst wurden und Zustellung des Entwurfs an das BFE zur Information.
8. Zustellung des Gutachtenentwurfs an die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) für die Vorbereitung ihrer Stellungnahme zum Rahmenbewilligungsgesuch EKKM.
9. Prüfung, Bewertung und ggf. Berücksichtigung der Verbesserungsvorschläge der KNS und der EKKM AG.
10. Schlussredaktion und Druck des ENSI-Gutachtens (September/Oktober 2010).

2 Zweck und Grundzüge des Neubauprojekts

2.1 Zweck des Projekts

Angaben des Gesuchstellers

Als Zweck des Neubauprojekts gibt die EKKM AG die Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion unter Einschluss des Umgangs mit nuklearen Gütern sowie der Konditionierung und der Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus der eigenen Anlage oder aus anderen schweizerischen Kernanlagen an. Optionaler Zweck ist die Bereitstellung von Prozess- oder Fernwärme.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 14 Abs. 1 Bst. c KEG verlangt, dass der Zweck der zu bauenden Anlage in der Rahmenbewilligung festzulegen ist. Art. 23 Bst. a Ziff. 2 KEV verlangt, dass der Zweck der Anlage aus dem zu den Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung gehörenden Sicherheitsbericht hervorgeht.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller hat im Sicherheitsbericht dargelegt, dass im EKKM neben der Stromproduktion auch der Umgang mit nuklearen Gütern unter Einschluss der Konditionierung und Lagerung eigener oder anderer schweizerischer radioaktiver Abfälle sowie gegebenenfalls die Bereitstellung von Prozess- oder Fernwärme beabsichtigt ist. Damit werden im Sicherheitsbericht die nach Art. 23 Bst. a Ziff. 2 KEV erforderlichen Angaben gemacht, um den Zweck der zu bauenden Anlage gemäss Art. 14 Abs. 1 Bst. c KEG festzulegen. Der vorgesehene Zweck der Anlage wird vom ENSI nicht bewertet, da sich das ENSI ausschliesslich zu den sicherheits- und sicherungstechnischen Aspekten des Standorts und der zu bauenden Anlage äussert.

2.2 Angaben zum Standort und zum Kraftwerksareal

Angaben des Gesuchstellers

Als Standort für das EKKM ist ein Areal unmittelbar flussaufwärts des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg vorgesehen. Es trägt die Flurbezeichnung Niederruntigen. Das Areal liegt am linken Aareufer etwa 1 km flussabwärts des Wasserkraftwerks Mühleberg und rund 12 km westlich der Stadt Bern. Das Areal erstreckt sich vom Aareufer bis zum südlich gelegenen Wald des Runtigenrains. Das Areal liegt auf einer Höhe von 465 bis 490 m ü. M. Der Runtigenrain steigt bis auf eine Höhe von etwa 560 m ü. M. an.

Der Flächenbedarf beträgt etwa 15 bis 20 ha. Alle benötigten Grundstücke befinden sich im Eigentum der BKW.

Die Autobahn A1 verläuft etwa 1 km, die Kantonsstrasse T1 etwa 1,5 km südlich des Areals. Der Standort ist nicht durch eine Bahnlinie erschlossen. Die nächste Bahnlinie verläuft etwa 4 km südlich davon.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 14 Abs. 1 Bst. b KEG verlangt, dass der Standort der zu bauenden Anlage in der Rahmenbewilligung festzulegen ist.

Beurteilung des ENSI

Der Standort für das EKKM wird durch die Angaben des Gesuchstellers geografisch eindeutig festgelegt. Ebenso werden der Flächenbedarf und die gegenwärtigen Eigentumsverhältnisse aufgeführt. Damit werden die erforderlichen Angaben gemacht, um gemäss Art. 14 Abs. 1 Bst. b KEG den Standort der zu bauenden Anlage in der Rahmenbewilligung festzulegen.

Die detaillierte Beurteilung der Standorteigenschaften und des standortspezifischen Gefährdungspotenzials durch das ENSI erfolgt in den Kapiteln 4.1 und 4.2 des vorliegenden Gutachtens.

2.3 Angaben zur geplanten Anlage

Angaben des Gesuchstellers

Reaktorsystem und Leistungsklasse

Die EKKM AG sieht vor, am Standort Niederruntigen einen Leichtwasserreaktor zu errichten. Somit werden Kühlung und Moderierung des Reaktorkerns mit leichtem Wasser (H₂O) erfolgen. Der genaue Reaktortyp soll im Zuge der Vorbereitung des Baubewilligungsverfahrens ausgewählt werden. Im Vordergrund stehen Anlagentypen bzw. Reaktorsysteme der Generationen III und III+, die international bereits in der Betriebs- oder Realisierungsphase sind oder deren Genehmigung durch die entsprechenden Behörden schon fortgeschritten ist. Auf den Einsatz eines Prototyps wird bewusst verzichtet. Die neue Anlage wird dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, wie dies im KEG gefordert wird, und die nach KEG erforderlichen Schutzmassnahmen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit werden nach national und international anerkannten Grundsätzen getroffen.

Die Leistungsklasse der neuen Anlage wird 1 450 MW mit einer Toleranz von rund +/- 20 % betragen, wobei die Leistungsklasse durch die an das elektrische Netz abgegebene Leistung (Nettleistung) gekennzeichnet ist.

In der folgenden Beschreibung der Anlagen und Gebäude des Neubauprojekts EKKM dient der European Pressurized Water Reactor (EPR) beispielhaft als Referenzanlage. Dies gilt auch für die Studien bezüglich der Standorteignung, da dieser Reaktortyp repräsentativ für die Konzeption einer modernen Leichtwasserreaktoranlage ist. Der Gesuchsteller stellt jedoch klar, dass dieses Vorgehen keinen Vorentscheid für die spätere Wahl des Reaktorsystems oder des Anlagelieferanten darstellt.

Hauptkühlsystem

Für die Hauptkühlung des EKKM ist ein Kühlkreislauf mit einem ca. 60 m hohen Hybridkühlturm vorgesehen, der mit mechanisch erzwungenem Luftstrom sowie nach dem Prinzip der kombinierten Nass-Trockenkühlung arbeitet. Eine Variante mit zwei Kühltürmen wird vom Gesuchsteller

geprüft. Im Hybridkühlturm wird der feuchte Luftstrom aus dem Nassteil des Kühlturms mit einem zweiten Luftstrom aus dem Trockenteil des Kühlturms vermischt und über den Taupunkt aufgewärmt; auf diese Weise kann eine sichtbare Kühlturmfahne weitgehend vermieden werden. Bei gewissen Wetterlagen (kaltes und feuchtes Wetter) ist jedoch nicht auszuschliessen, dass Dampf erkennbar wird. Bei der vorgesehenen Kühlbetriebsweise ist die Umgebungsluft die Hauptwärmesenke. Das bei der Kühlung des Kondensators aufgewärmte Wasser wird durch Wärmeübertragung an die Kühlluft und durch Verdunstung einer Wassermenge im Kühlturm abgekühlt. Der Hauptteil des Wassers wird im Kühlturmbecken gesammelt und wieder dem Kondensator zugeführt. Die durch Verdunstung verursachten Wasserverluste aus dem Kühlkreislauf werden durch Zufuhr von Zusatzwasser aus der Aare kompensiert, ebenso die Wasserverluste, die aus der Abschlämzung des Kreislaufwassers resultieren. Die Menge dieses Zusatzwassers beträgt ungefähr 2 bis 3 % des totalen Wasserdurchsatzes des Hauptkühlkreislaufs. Die Auslegung der Kühlsysteme wird so gestaltet, dass die entsprechenden gesetzlichen Limiten eingehalten werden können.

Für die Betrachtungen zur Hauptkühlung des EKKM hat der Gesuchsteller eine elektrische Nettoleistung von ca. 1 600 MW zugrunde gelegt; damit beträgt die abzuführende Abwärme ca. 3 000 MW. Diese Leistung kann mit einem einzelnen grossen Hybridkühlturm oder durch zwei kleinere Hybridkühltürme abgeführt werden. Falls ein einzelner Hybridkühlturm vorgesehen wird, ist von einem unteren Durchmesser von ca. 160 bis 180 m bei einer Höhe von maximal 60 m auszugehen. Bei der Variante mit zwei Hybridkühltürmen reduziert sich der untere Durchmesser auf ca. 130 m pro Kühlturm bei gleich bleibender Höhe. Für Anlagen mit einer kleineren elektrischen Nettoleistung (1 100 bis 1 400 MW) genügt ein einzelner Kühlturm mit einem unteren Durchmesser von ca. 140 bis 160 m. Für die Abschätzung des verfügbaren Bauraums sowie der visuellen und ästhetischen Auswirkungen wurde im Rahmenbewilligungsgesuch von den grössten Dimensionen ausgegangen.

Hilfskühlung und Notkühlung

Die Kühlung von Systemen und Komponenten im Leistungsbetrieb sowie die Abfuhr der Nachwärme bei abgeschaltetem Reaktor erfolgt durch die Hilfskühlung. Die Hilfskühlung soll mit zwei nacheinander geschalteten Kühlkreisläufen aufgebaut werden: einem radiologisch überwachten Zwischenkühlkreislauf, welcher Systeme und Komponenten kühlt und einem Nebenkühlkreislauf, welcher die Wärmelast an eine Wärmesenke abgibt. Die sicherheitsrelevanten Zwischen- und Nebenkühlkreisläufe sollen mehrsträngig ausgeführt werden, um ein hohes Sicherheitsniveau und eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten.

Der Gesuchsteller gibt an, dass bei den untersuchten Anlagentypen die Kapazität der Nebenkühlsysteme 100 bis 180 MW betrage. Im Leistungsbetrieb würden davon 20 bis 40 MW für die Abfuhr der Wärme aus der nuklearen Zwischenkühlung benötigt. Diese Wärme kann mittels Zellokühltürmen – nass oder hybrid – oder mittels Durchlaufkühlung mit Flusswasser abgeführt werden. Die zu wählende Variante wird im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs festgelegt.

Die Notkühlung des Reaktors zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen wird den Anforderungen der KEV hinsichtlich Redundanz und Diversität entsprechend ausgeführt. Als Wärmesenke der Notkühlung können bei einigen untersuchten Anlagekonzepten die oben erwähnten

Nebenkühlungsvarianten verwendet werden. Die EKKM AG gibt an, dass bei sämtlichen untersuchten Technologien ein autarker Betrieb der Notkühlsysteme von bis zu 72 Stunden möglich ist; es wird zu diesem Zweck das in der Anlage in Becken und Speichern vorhandene Kühlwasser genutzt. Damit steht im Anforderungsfall genügend Zeit zur Verfügung, um eine alternative Wasserversorgung zu installieren, beispielsweise mittels eines Wasserreservoirs, das unweit der Anlage vorgesehen ist. Eine weitere alternative Notkühlmöglichkeit bildet schliesslich die Nutzung des Grundwassers am Standort mit einer Schüttung von mindestens 500 l/min.

Kühlung der Anlage bei extremen Wetterbedingungen und bei Parallelbetrieb EKKM/KKM

Der Gesuchsteller hat schliesslich untersucht, ob die Kühlung des EKKM auch bei extremen Wetterbedingungen als Folge der Klimaerwärmung gewährleistet ist. Die Untersuchungen zeigen, dass die Kenngrössen der Kühlung durch extreme Wetterbedingungen nicht wesentlich beeinflusst werden und dass die Sicherheit der Anlage bei solchen Extremfällen nicht tangiert wird.

Die Untersuchungen bezüglich des Einflusses des Betriebs des EKKM auf die Kühlung des bestehenden KKM zeigen, dass die Hauptkühlung des KKM bei einem möglichen Parallelbetrieb beider Anlagen nicht beeinträchtigt wird (siehe hierzu auch Kapitel 4.1.5.1 des vorliegenden Gutachtens). Diese Aussage gilt auch unter Berücksichtigung einer möglichen Klimaerwärmung.

Anordnung der Bauwerke

Die EKKM AG hat die ungefähren Dimensionen der wichtigsten Gebäude angegeben; diese Daten sind in Tabelle 2.3-1 dargestellt.

Bezüglich der Disposition der oben erwähnten Bauwerke am Standort weist der Gesuchsteller darauf hin, dass die genaue Anordnung für jeden der betrachteten Anlagentypen zwar unterschiedlich ist; dennoch gibt es für Leichtwasserreaktor-Anlagekonzeptionen viele Ähnlichkeiten. Die Anordnung der Bauwerke des EPR-Anlagentyps, der im vorliegenden Projekt als Grundlage dient, kann somit als repräsentativ betrachtet werden. In den Abbildungen 2.3-1 (Variante mit einem Kühlturm) und 2.3-2 (Variante mit zwei Kühltürmen) sind beispielhaft die zentralen Gebäude des Reaktor- und Turbinenbereichs gemäss der Standard-Anordnung des Lieferanten dargestellt.

Für die Disposition weiterer Gebäude wie Büros, Werkstatt, Pumpenhaus etc. sind insbesondere kurze Distanzen von Wegen und Leitungen sowie sichere und einfache Prozesse und Abläufe massgebend. Die Positionen der Pumpstationen für das Haupt- bzw. Nebenkühlwasser werden

Tabelle 2.3-1: Abmessungen der wichtigsten Gebäude des EKKM (Quelle: SIB EKKM)

Gebäude	Länge oder Durchmesser [m]	Breite [m]	Höhe (ab Gebäude-Null) [m]
Reaktorgebäude	50–60	40–60	35–70
Maschinenhaus	80–120	40–60	40–50
1 Kühlturm	140–180	–	50–60
2 Kühltürme	120–140	–	50–60
Zwischenlager HAA	80–200	20–80	20–30
Zwischenlager SMA	70–80	55–80	20–30
Abluftkamin	ca. 10	–	80–130

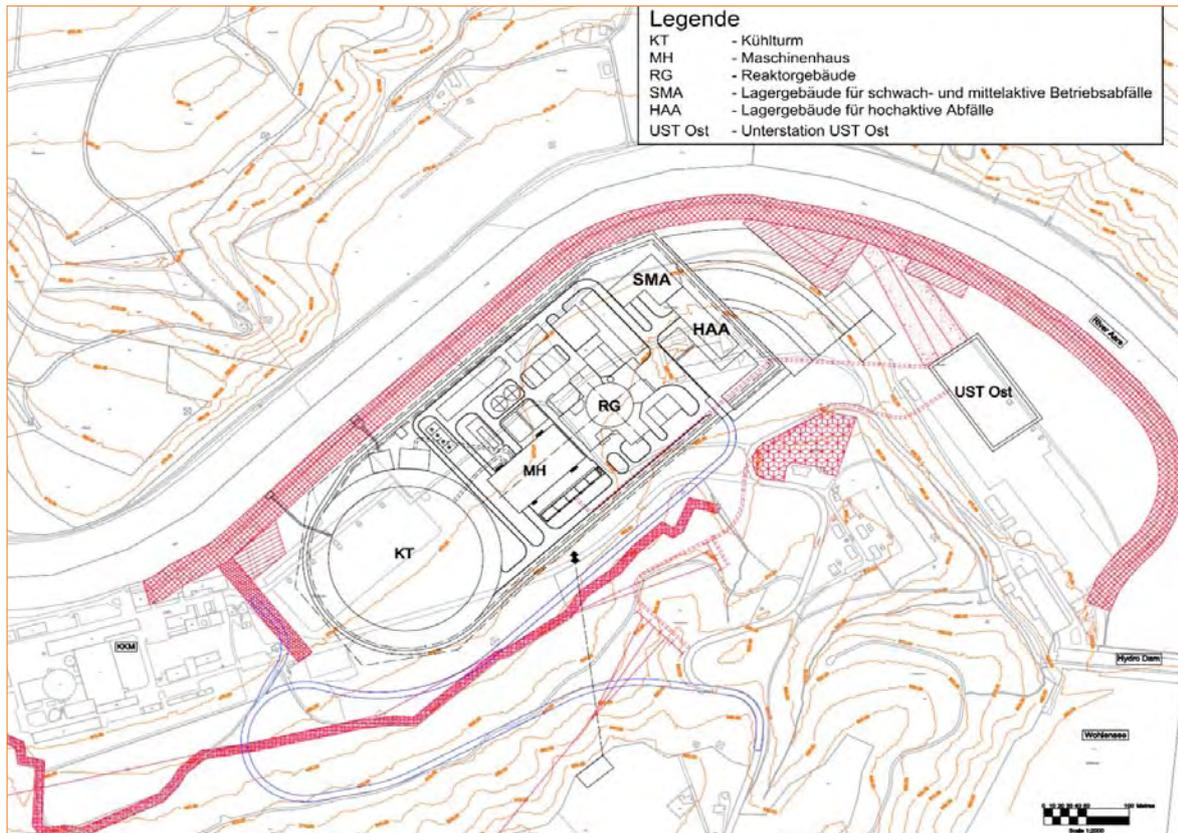


Abbildung 2.3-1: Beispielhafte Übersicht einer Anlageanordnung mit einem EPR und einem Hybridkühlturm am Standort Niederrungen (Quelle: SIB EKKM)

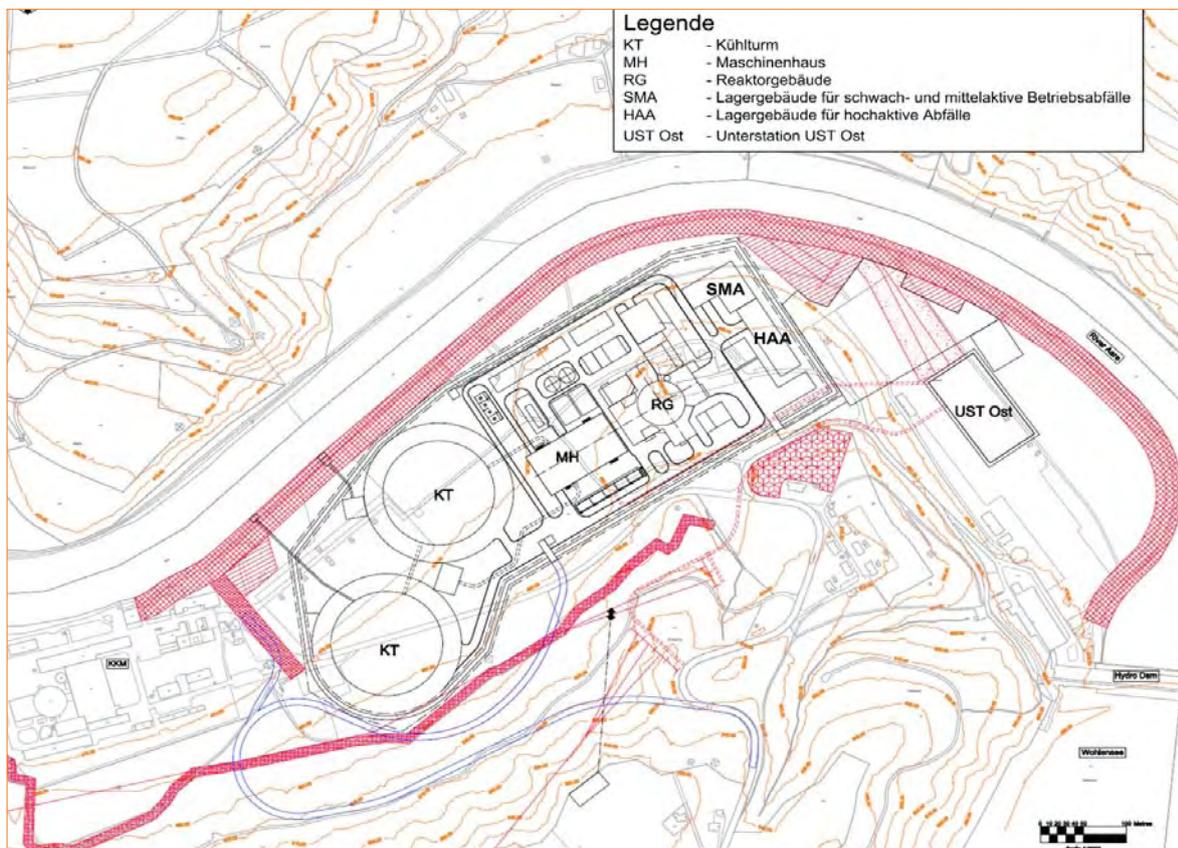


Abbildung 2.3-2: Beispielhafte Übersicht einer Anlageanordnung mit einem EPR und zwei Hybridkühltürmen am Standort Niederrungen (Quelle: SIB EKKM)

optimiert, um die Leitungen von der Aare zum Kühlturm und von dort zum Hauptkondensator kurz zu halten. Die Zwischenlager für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente werden am Rande der Anlage angeordnet; sie könnten nach Stilllegung des EKKM separat abgeklärt werden.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben der EKKM AG zur geplanten Anlage, zu den Kühlwassersystemen sowie zur Anordnungsplanung sind die gesetzlichen Bestimmungen von KEG und KEV. Zudem werden für die Bewertung der Angaben des Gesuchstellers die Erläuterungen zu einzelnen Gesetzesartikeln in der Botschaft zum KEG [9] herangezogen.

Art. 14 Abs. 1 KEG legt fest, dass im Rahmenbewilligungsgesuch unter anderem auch die Grundzüge des Projekts darzulegen sind. Art. 14 Abs. 2 KEG führt weiter aus, dass als Grundzüge des Projekts die ungefähre Lage und Grösse der wichtigsten Bauten sowie das Reaktorsystem, die Leistungsklasse und das Hauptkühlsystem der Anlage gelten.

Art. 23 Bst. a Ziffer 2 KEV verlangt, dass aus den Gesuchsunterlagen für eine Rahmenbewilligung der Zweck und die Grundzüge des Projekts hervorgehen müssen.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller hat dargelegt, dass er am Standort Niederruntigen bei Mühleberg einen Leichtwasserreaktor mit Reaktorsystem der Generation III oder III+ errichten will. In Leichtwasserreaktoren wird der Reaktorkern mittels normalem Wasser moderiert und gekühlt, wobei das erhitzte Kühlmittel direkt zur Turbine geführt werden kann (Siedewasserreaktor) oder mittels Dampferzeugern Dampf im Sekundärkreislauf erzeugt, welcher dann zur Turbine gelangt (Druckwasserreaktor). Leichtwasserreaktoren sind der in Westeuropa und in den USA vorherrschende Reaktortyp. Auch bei den bestehenden Schweizer Kernkraftwerken handelt es sich um Leichtwasserreaktoren.

Als Leichtwasserreaktoren der Generation III bzw. III+ werden beispielsweise die von Areva NP konzipierten Anlagen European Pressurized Reactor (EPR) und der fortschrittliche Siedewasserreaktor Kerena, der Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR) und der Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) von General Electric Hitachi sowie der Advanced Passive Plant (AP1000) von Westinghouse bezeichnet. Diese Reaktortypen sind Weiterentwicklungen bestehender und bewährter Reaktortypen, wobei teilweise innovative Elemente wie beispielsweise passive Sicherheitseinrichtungen berücksichtigt wurden. Im Zentrum der Entwicklung dieser Reaktoren stand die weitere Erhöhung der Sicherheit unter angemessener Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Solche Leichtwasserreaktoren stellen den aktuellen Stand der Kernkraftwerkstechnik dar und wurden schon gebaut (ABWR), befinden sich im Bau (ABWR, EPR, AP1000) oder stehen vor dem Baubeginn (AP1000, EPR); zudem wurde eine Vielzahl von Baugesuchen für alle oben erwähnten Reaktortypen in verschiedenen Ländern eingereicht. Diese Leichtwasserreaktoren sind grundsätzlich geeignet, die in Kapitel 2 KEG und KEV geforderten Grundsätze der nuklearen Sicherheit für schweizerische Kernkraftwerke zu erfüllen. Gegebenenfalls sind hierfür jedoch Modifikationen am Standarddesign der Hersteller erforderlich.

Ob es sich um einen Druckwasser- oder um einen Siedewasserreaktor handeln wird, wurde von der EKKM AG noch nicht festgelegt.

Die von der EKKM AG angegebene elektrische Leistung von 1 450 MW \pm 20 %, die der an das Netz abgegebenen elektrischen Nettoleistung des EKKM entspricht, deckt die Maximalleistung heute verfügbarer Reaktoren der 3. Generation ab. Mit dieser Angabe hält sich der Gesuchsteller praktisch alle Optionen bezüglich des zu beschaffenden Leichtwasserreaktors offen. Blockgrößen im Bereich von 1 450 MW sind bereits heute üblich, entsprechende Reaktoren sind beispielsweise in Deutschland in Betrieb. Aus der genannten elektrischen Leistung kann abgeleitet werden, dass die thermische Leistung des EKKM im Normalbetrieb ca. 4 350 MW \pm 20 % beträgt bzw. dass eine Wärmeleistung von ca. 2 900 MW \pm 20 % an eine Wärmesenke abzuführen ist. Diese Wärmeabfuhr erfolgt durch das Hauptkühlsystem der zu bauenden Anlage. Der Gesuchsteller hat sich entschieden, zur Hauptkühlung einen Hybridkühlturm mit Wärmeabgabe an die Atmosphäre zu verwenden. Gegebenenfalls werden zur Hauptkühlung der Anlage zwei kleinere Hybridkühltürme eingesetzt. Diese Festlegung entspricht auch den Anforderungen des Gewässerschutzes, wonach der zusätzliche Wärmeeintrag in Fließgewässer zu minimieren ist. Hybridkühltürme stellen eine bewährte Technologie dar und sind geeignet, die mit dem Kühlturmbetrieb verbundenen Dampfschwaden zu minimieren.

Das ENSI hat geprüft, ob die Angaben des Gesuchstellers den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Die gemäss Art. 14 KEG erforderlichen Angaben im Rahmenbewilligungsverfahren zu Reaktorsystem und Leistungsklasse sind in der Botschaft zum KEG [9] weiter ausgeführt. Danach muss unter dem Begriff «Reaktorsystem» vom Projektanten angegeben werden, ob z.B. ein Leichtwasser-, Schwerwasser- oder Hochtemperaturreaktor vorgesehen ist. Die Festlegung auf einen Reaktortyp wie Druckwasser- oder Siedewasserreaktor ist im Rahmenbewilligungsverfahren noch nicht erforderlich. Gemäss der Botschaft [9] bezeichnet der Begriff «Leistungsklasse» die elektrische Leistung des Kernkraftwerks mit einer Toleranz von rund \pm 20 %, und unter «Hauptkühlsystem» muss angegeben werden, ob die Kühlung der Anlage mit Durchlaufkühlung durch Flusswasser oder mittels eines Kühlturms erfolgt. Mit den Angaben in den Kapiteln 2.2 und 2.3 des EKKM-Sicherheitsberichts zu Reaktorsystem, Leistungsklasse und Hauptkühlsystem hat der Gesuchsteller die gesetzlichen Anforderungen nach Art. 14 KEG und Art. 23 KEV hinsichtlich des im Rahmenbewilligungsverfahren erforderlichen Umfangs und Detaillierungsgrads erfüllt.

Die Angaben der EKKM AG zu ungefährender Lage und Grösse der wichtigsten Bauten, die gemäss Art. 14 Abs. 2 KEG im Rahmenbewilligungsgesuch erforderlich sind, werden vom ENSI zur Kenntnis genommen. Die Angaben entsprechen im Detaillierungsgrad dem Planungsstand, wie er auf Stufe Rahmenbewilligungsverfahren möglich ist, da Reaktortyp sowie Grösse und Leistung des Kraftwerks noch nicht festgelegt sind und Varianten bezüglich der Anlagendisposition (siehe Abbildungen 2.3-1 und 2.3-2) in Betracht gezogen werden. Mit den Darlegungen des Gesuchstellers in Kapitel 2.3 des Sicherheitsberichts sind die Anforderungen von Art. 14 Abs. 2 KEG hinsichtlich der Beschreibung von ungefährender Lage und Grösse der wichtigsten Bauten erfüllt.

2.4 Auslegungsgrundsätze

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller führt in Kapitel 2.5 des Sicherheitsberichts aus, dass er sich grundsätzlich verpflichtet, bei der Projektierung, beim Bau, beim Betrieb und bei der Stilllegung des EKKM die geltenden gesetzlichen Anforderungen und behördlichen Richtlinien zu beachten. Bezüglich Richtlinien hält der Gesuchsteller fest, dass sie erst zum Teil an die geltende Gesetzgebung angepasst seien und erwartet insbesondere die baldige Erstellung der die Auslegungsgrundsätze für Leichtwasserreaktoren definierenden Richtlinien. Im Kernenergiegesetz sind die Grundsätze für die Nutzung der Kernenergie (Art. 4) und zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit (Art. 8) aufgeführt. Der Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefährdungen durch ionisierende Strahlung wird durch die Einhaltung der Bestimmungen des Strahlenschutzgesetzes sichergestellt. In der Kernenergieverordnung sind die Anforderungen an Schutzmassnahmen gegen Störfälle mit Ursprung innerhalb und ausserhalb der Anlage festgelegt. Zu den Schutzmassnahmen gehört eine Anlagenauslegung nach dem «Defense in Depth»-Prinzip, das im Zusammenwirken mit geeigneten Betriebsprozessen einen gestaffelten Schutz gegen das Auftreten und die Auswirkungen von Störfällen darstellt. In der Auslegung sollen ebenfalls mehrere physikalische Sicherheitsbarrieren berücksichtigt werden, deren Integrität durch aktive oder passive Sicherheitsfunktionen bzw. eine Kombination davon sowie durch betriebliche Massnahmen gewährleistet wird. Bei der Auslegung der Sicherheitsfunktionen werden die in Art. 10 KEV verankerten Grundsätze wie beispielsweise Redundanz, Diversität, Unabhängigkeit und automatische Auslösung von Sicherheitsfunktionen berücksichtigt und umgesetzt. Die entsprechenden Nachweise werden in den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch erbracht. Auch die Belange des Rückbaus der Anlage sollen bereits bei der Auslegung berücksichtigt werden.

Der Schutz des EKKM gegen anlageinterne Störfälle wird grundsätzlich durch die Konzeption und die konkrete Auslegung der Anlage gewährleistet; er ist nicht standortabhängig. Weil zum Zeitpunkt des Rahmenbewilligungsgesuchs nur die Grundzüge der zu errichtenden Anlage festzulegen sind und die definitive Anlagekonzeption im Gesuch zur Baubewilligung dokumentiert wird, können die konkreten Schutzmassnahmen gegen anlageinterne Ereignisse im Rahmenbewilligungsgesuch noch nicht dargestellt werden.

Während der Schutz gegen interne Ereignisse anlagespezifisch ist und von den Standorteigenschaften nicht tangiert wird, können die Standorteigenschaften bezüglich der Eintrittswahrscheinlichkeit oder der Auswirkung von externen Störfällen von Bedeutung sein. Die externen Ereignisse wurden deshalb zur Bewertung der Standorteignung in Kapitel 3.6 des EKKM-Sicherheitsberichts untersucht.

Der Gesuchsteller hat in Kapitel 2.5.3 des Sicherheitsberichts schliesslich dargelegt, dass bei der Auslegung des EKKM auch Vorkehrungen gegen gewisse sehr unwahrscheinliche Störfälle mit einer Häufigkeit von $<10^{-6}$ pro Jahr getroffen werden, wie es die European Utility Requirements (EUR) bei der Auslegung von neuen Kernkraftwerken vorsehen. Es handelt sich um sehr seltene Ereignisse oder durch Mehrfachfehler ausgelöste Störfälle, die durch entsprechende Auslegung der Anlage ohne Hilfsmittel des Accident Management beherrscht werden können. Für diese Störfälle sind zwar

keine einzuhaltenden Strahlendosisgrenzwerte festgelegt; allerdings werden für solche Störfälle, deren Auswirkungen gross sein können, in Art. 94 StSV [13] vorsorgliche Massnahmen gefordert.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebende Grundlagen für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zu der vorgesehenen Auslegung der Anlage bilden die gesetzlichen Anforderungen und das Regelwerk der Aufsichtsbehörde.

Die zu beachtenden Grundsätze der nuklearen Sicherheit sind im KEG festgelegt. Sie umfassen die Grundsätze für die Nutzung der Kernenergie (Art. 4 KEG) und die erforderlichen Schutzmassnahmen gegen eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe und gegen eine unzulässige Bestrahlung von Personen (Art. 5 KEG).

In der KEV werden die Grundsätze der nuklearen Sicherheit weiter konkretisiert. In Art. 7 KEV sind die Anforderungen an die nukleare Sicherheit aufgeführt, die Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle sind in Art. 8 KEV vorgegeben. Die Auslegungsgrundsätze für Kernkraftwerke sind in Art. 10 KEV festgelegt. Die Verordnung des UVEK V01 [15] enthält die Bestimmungen über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen. Die bei Störfällen einzuhaltenden Strahlendosisgrenzwerte sind in Art. 94 StSV [13] aufgeführt.

Für die Auslegung von Kernkraftwerken sind gegenwärtig die folgenden Richtlinien der Aufsichtsbehörde relevant: HSK-R-06 [94], HSK-R-101 [98], HSK-R-102 [99], HSK-R-103 [100].

Beurteilung des ENSI

Im Rahmenbewilligungsverfahren sind nach Art. 14 KEG und Art. 23 KEV noch keine detaillierten Angaben zu der Auslegung eines Kernkraftwerks gefordert. Der Gesuchsteller hat im Kapitel 2.5 des Sicherheitsberichts trotzdem generisch aufgezeigt, wie er die Anforderungen an die Auslegung des EKKM erfüllen will, um den Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen nach den Bestimmungen von Art. 4 KEG zu gewährleisten. Zu diesem Zweck hat er die diesbezüglichen gesetzlichen und behördlichen Anforderungen dargelegt und sich zur vollumfänglichen Erfüllung dieser Anforderungen verpflichtet.

Das ENSI hat die Angaben des Gesuchstellers geprüft und bestätigt, dass die zutreffenden Bestimmungen von KEG und KEV sowie die aktuellen Anforderungen des Regelwerks der Aufsichtsbehörde hinsichtlich der Auslegung von Kernkraftwerken und der Massnahmen zum Schutz gegen Störfälle vollständig und korrekt berücksichtigt wurden. Die Umsetzung dieser Angaben in die konkrete Auslegung des EKKM wird vom ENSI im Baubewilligungsverfahren detailliert überprüft. Bezüglich der anzuwendenden Richtlinien macht das ENSI darauf aufmerksam, dass es im Hinblick auf den Bau neuer Kernkraftwerke neue Richtlinien erarbeiten wird, die bei der Auslegung der zu bauenden Kraftwerksanlage berücksichtigt werden müssen. Diese Richtlinien ersetzen die in den Beurteilungsgrundlagen genannten, gegenwärtig noch gültigen HSK-Richtlinien. Die spezifischen Auslegungsgrundsätze für neue Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren inkl. Anforderungen an den Schutz gegen externe Ereignisse werden beispielsweise in der zu erstellenden Richtlinie ENSI-G02 dargelegt.

3 Projektmanagement

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des Gesuchstellers in den Kapiteln 2.8 «Qualitätsmanagement (QM)» und 5 «Personal und Organisation, Menschliche und Organisatorische Faktoren» des EKKM-Sicherheitsberichts [2].

3.1 Projektorganisation

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller verfolgt mit der Entwicklung seiner Organisation über die verschiedenen Phasen der Projektabwicklung drei Ziele:

- Projekt- und Bewilligungsabläufe so zu gestalten, dass alle Anforderungen der nuklearen Sicherheit nachweislich erfüllt werden und eine ganzheitliche Bewertung der Sicherheit möglich ist;
- Projekt- und Bewilligungsabläufe optimal aufeinander abzustimmen, um die Erfordernisse aus den Bewilligungsabläufen zeitgerecht in die Projektabläufe einfließen lassen zu können;
- die Projektorganisation flexibel den Projektphasen mit ihren unterschiedlichen fachlichen und methodischen Schwerpunkten anzupassen und schliesslich eine geeignete Betriebsorganisation zu bestimmen.

Obwohl sich die Organisation für den Bau und Betrieb der Anlage im Laufe des Projekts wandeln wird, schreibt der Gesuchsteller einer Reihe von Eckpfeilern während des gesamten Entwicklungsprozesses eine zentrale Bedeutung zu. Es handelt sich bei diesen Eckpfeilern um:

- die nukleare Sicherheit und Sicherheitskultur;
- die konventionelle Sicherheit;
- die Sicherung der Anlage;
- die Abstimmung von Projekt- und Bewilligungsabläufen;
- das Management von Schnittstellen und die Kommunikation zwischen den verschiedenen beteiligten Instanzen (Gesuchsteller, Lieferanten, Aufsichtsbehörden) sowie die Bestimmung ihrer Rollen und Verantwortlichkeiten.

Der Gesuchsteller präzisiert, dass die Gewährleistung der Sicherheit und der Sicherung sowie des Schutzes von Personal und Bevölkerung in allen Lebensphasen der Anlage das wichtigste Ziel darstellt und dass der Sicherheit in allen Aktivitäten die höchste Priorität beigemessen wird. Er verpflichtet sich, dafür alle notwendigen Mittel einzusetzen sowie ein Verfahren zur Bereitstellung dieser Mittel festzulegen.

Zudem hält der Gesuchsteller fest, dass die Aufgaben und Kompetenzen des Personals in allen Projektphasen adäquat und sicherheitsgerichtet zugeordnet sein sollen und dass dazu die entsprechenden Fach- und Methodenkompetenzen und Ressourcen sichergestellt werden müssen.

Auch wird die Rolle des Gesuchstellers als «Intelligent Customer» betont, welcher jederzeit die Produkte und Dienstleistungen der Lieferanten kennen und verstehen und eine umfassende Überwachung der Aktivitäten der Lieferanten gewährleisten muss.

Es wird festgehalten, dass die folgenden Elemente der nuklearen Sicherheit bei Sicherheitsbetrachtungen in allen Lebensphasen der Anlage unverzichtbar sind:

- nukleartechnisches Engineering im Bereich der deterministischen und der probabilistischen Sicherheitsanalysen;
- Human and Organizational Factors (HOF) Engineering;
- Qualitätsmanagement.

Der Sicherheitsbericht enthält zudem Angaben zur Projektorganisation des Gesuchstellers in den verschiedenen Phasen des Projekts.

Projektorganisation bis zur Einreichung des Rahmenbewilligungsgesuchs

Die Projektorganisation umfasste in dieser Phase primär jene Fachexperten im Bereich des nukleartechnischen Engineerings, welche die Untersuchungen zur Eignung des möglichen Standorts durchführten und die Aspekte der Umweltverträglichkeit, Sicherheit, Sicherung und Raumplanung dieses Standorts ermittelten, wobei die Betrachtung der möglichen Gefährdungen am Standort einen Schwerpunkt bildete. Das Projektteam umfasste ein Kernteam, bestehend aus den verantwortlichen Projektleitern für die Aktivitäten in den Bereichen Sicherheit und Sicherung, Entsorgung und Stilllegung sowie Umweltverträglichkeit und Raumplanung. Diese Personen zeichnen sich aus durch ihre langjährige Tätigkeit in der Kerntechnik und in der Führung von nuklearen Projekten in den Partnergesellschaften bzw. in verwandten Organisationen. Weitere Experten aus den Partnergesellschaften sowie externe Experten (insbesondere spezialisierte Ingenieurbüros) mit Erfahrung in kerntechnischen Projekten unterstützten das Kernteam. Das Kernteam trug die Verantwortung für die Beauftragung der Experten, die Koordination ihrer Arbeit und die Qualitätssicherung der Ergebnisse.

Projektorganisation in den weiteren Projektphasen

In der Phase «Projektierung und Auslegung» wird die Projektorganisation zu einem vollständigen Projektunternehmen erweitert, in dem sämtliche Disziplinen des nukleartechnischen und des HOF-Engineerings vertreten sind. Der Personalbestand wird verstärkt zur Gewährleistung der nötigen Kernkompetenzen innerhalb der Organisation. Die Gesuchstellerorganisation wird weiterhin durch externe Experten und zu gegebener Zeit auch durch den Reaktorlieferanten unterstützt.

Mit dem Beginn der Bauphase, welche sich zeitlich mit der Projektierungs- und Auslegungsphase überschneidet, wird die für den Bau verantwortliche Organisation aufgebaut. Diese umfasst bereits Elemente im Hinblick auf die Inbetriebnahme bzw. den späteren Betrieb der Anlage. Die Überwachung der Herstellung und Montage von Anlageteilen stellt einen Schwerpunkt in dieser Phase dar. Dasselbe gilt auch für den Aufbau der Betriebsorganisation und die Rekrutierung und Ausbildung des Personals (siehe auch Kapitel 6.1). Auch in dieser Phase wird

einerseits der Personalbestand den neuen Bedürfnissen angepasst, andererseits wird Unterstützung durch den Reaktorlieferanten und externe Experten angefordert. Der Gesuchsteller verpflichtet sich sicherzustellen, dass die Gesamtorganisation (d. h. Gesuchsteller, Lieferanten, Experten etc.) den Herausforderungen und Risiken auf der Baustelle gewachsen und in der Lage ist, allfällige Ereignisse oder Nonkonformitäten festzustellen, zu analysieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Dem Qualitätsmanagementsystem wird in dieser Phase besonderes Gewicht zugeschrieben, insbesondere in Bezug auf das Management der Schnittstellen zwischen den beteiligten Instanzen.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 23 KEV verlangt unter Bst. a Ziffer 4, dass der Gesuchsteller für eine Rahmenbewilligung den Sicherheitsbericht einzureichen hat, aus dem die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben hervorgehen. Diese Anforderung wurde vom ENSI dahingehend präzisiert, dass unter anderem Angaben zum Projektmanagement (Projektorganisation und Qualitätsmanagement, zu letzterem siehe Kapitel 3.2) gemacht werden müssen (siehe auch Kapitel 6.1 und 6.2).

Weitere Beurteilungsgrundlagen sind dem KEG (Art. 5 Abs. 1), der KEV (Art. 7 Bst. a, Art. 25), der Richtlinie HSK-G07 [92], der Convention on Nuclear Safety [101] (Art. 9), den Safety Standards der IAEA (insbesondere Safety Fundamentals SF-1, Fundamental Safety Principles Nr. 1 «Responsibility for Safety» und 3 «Leadership and Management for Safety» [102], den Safety Standards betreffend das Managementsystem GS-R-3 [103], GS-G-3.1 [104] und GS-G-3.5 [105]) sowie dem Technical Assessment Guide T/AST/049 (Principle 3) der britischen Aufsichtsbehörde HSE [106], der den diesbezüglichen Stand von Wissenschaft und Technik reflektiert, zu entnehmen.

Beurteilung des ENSI

Für das Rahmenbewilligungsgesuch verlangte das ENSI Angaben zur Projektorganisation und zum Qualitätsmanagement bei der Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuchs, aber auch bezüglich der geplanten Weiterentwicklung der Projektorganisation in den nachfolgenden Projektphasen. Zudem waren wichtige Grundsätze, welche der Gesuchsteller der Projektierung des neuen Kernkraftwerks zugrunde legt, insbesondere in Bezug auf die Themenbereiche Sicherheitskultur und «Intelligent Customer Capability», zu nennen. Die Erfüllung dieser Anforderungen wird nachfolgend aufgezeigt.

Der Gesuchsteller formuliert eine Reihe von prinzipiellen Anforderungen an sich selbst und verpflichtet sich zu einigen Grundsätzen, welche aus Sicht des ENSI von zentraler Bedeutung sind für eine sicherheitsgerichtete Durchführung eines Projekts zum Bau eines neuen Kernkraftwerks. Der Gesuchsteller bekennt sich insbesondere zur Gewährleistung der Sicherheit und der Sicherung sowie des Schutzes von Personal und Bevölkerung als wichtigstem Ziel. Er will dafür sorgen, dass die Prinzipien einer guten Sicherheitskultur durch das Personal der beteiligten Organisationen beachtet und im Alltag umgesetzt werden. Er verpflichtet sich zu einer adäquaten und sicherheitsgerichteten Zuordnung von Aufgaben und Kompetenzen des Personals in allen Projektphasen sowie zur Sicherstellung der entsprechenden Fach- und Methodenkompetenzen und Ressourcen. Zudem will er sicherstellen, dass auch die Lieferanten diese Kompetenzen und Res-

sourcen sowie eine geeignete Organisation bereitstellen. Er bekennt sich zum Aufbau der so genannten «Intelligent Customer Capability» und hält fest, er werde jederzeit die Produkte und Dienstleistungen der Lieferanten kennen und verstehen und eine umfassende Überwachung der Aktivitäten der Lieferanten gewährleisten.

Der Gesuchsteller beschreibt seine Projektorganisation bei der Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuchs sowie die geplante Weiterentwicklung in den nächsten Projektphasen. An der Erstellung und Prüfung der Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung haben Personen mit entsprechender Erfahrung und spezifischen Fachkompetenzen mitgewirkt, insbesondere in jenen Fachgebieten, welche direkt für die Beurteilung des Standorts relevant waren. In dieser Phase waren noch nicht alle Fachgebiete in das Projektteam integriert, sondern es wurde mit externer fachlicher Unterstützung gearbeitet. Dies war namentlich bei der Vorbereitung der Angaben zum «HOF-Engineering» der Fall. Der Gesuchsteller stellt jedoch in Aussicht, in der nächsten Projektphase sämtliche relevante Disziplinen inklusive des Fachbereichs der menschlichen und organisatorischen Faktoren in die Projektorganisation zu integrieren. Das ENSI begrüsst diese Absicht. Es betrachtet eine multidisziplinäre Projektorganisation, in welcher alle für die Projektierung und Auslegung einer neuen Kernanlage relevanten Fachbereiche und Erfahrungen mit angemessenen Ressourcen und dem nötigen Stellenwert vertreten sind, als unabdingbar. Sie stellt aus Sicht des ENSI eine zentrale Bedingung dar für den Aufbau und den Erhalt der «Intelligent Customer Capability» und somit für seine Fähigkeit, seiner Verantwortung für Sicherheit und Qualität des Projekts bzw. der zu bauenden Anlage gerecht zu werden.

Der Sicherheitsbericht enthält Angaben zur Entwicklung der Organisation über alle Phasen des Lebenszyklus der Anlage bis hin zur Stilllegung. Der Gesuchsteller verpflichtet sich, seine Organisation fortwährend den sich in den verschiedenen Phasen ändernden Anforderungen anzupassen. Dies umfasst jeweils beispielsweise die Anpassung des Personalbestands und die Integration neuer Kernkompetenzen, den Beizug externer Expertise inklusive jener des Reaktorlieferanten, die Integration von Elementen, welche für die spätere Betriebsorganisation bedeutsam sind (siehe Kapitel 6.1), die (Weiter-) Entwicklung des (Qualitäts-) Managementsystems (siehe Kapitel 3.2) usw. Eine aus Sicht des ENSI besondere, einem Projekt des Umfangs und der Komplexität des Baus eines neuen Kernkraftwerks inhärente Herausforderung in Bezug auf die Projektorganisation wird die vom Gesuchsteller erwähnte weitgehende Überlappung zwischen der Projektierungs- und der Bauphase sein. Der Gesuchsteller legt dar, dass in der Bauphase – zusätzlich zur beizubehaltenden Organisation aus der Projektierungsphase – die für den Bau zuständige Organisation aufgebaut wird, welche auch bereits Elemente im Hinblick auf die spätere Inbetriebnahme bzw. den Betrieb umfassen wird. In dieser Projektphase wird deshalb der Entwicklung der Organisation und insbesondere der Integration der Projektierungs- und der Bauorganisation verstärkte Aufmerksamkeit sowohl von Seiten des Gesuchstellers als auch seitens der Aufsichtsbehörde zu widmen sein.

Die Fähigkeit der Gesuchstellerorganisation, die Anforderungen des Neubauprojekts in allen Projektphasen erfüllen und die Verantwortung für das Projekt wahrnehmen zu können, ist aus Sicht des ENSI von entscheidender Bedeutung. Das ENSI fordert deshalb, dass die EKKM AG im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Baubewilligungsgesuchs darlegt, wie sie ihrer Verant-

wortung gerecht wird (Auflagenvorschlag, siehe weiter hinten). Diese Darlegung soll die folgenden Elemente umfassen:

- Umfassende Erörterung der Projektorganisation: Beschreibung der eigenen Organisation und der Gesamtprojektorganisation, inklusive der Schnittstellen zu den Lieferanten von Dienstleistungen und Gütern im Zusammenhang mit der Projektierung, Auslegung und dem Bau der Anlage sowie deren Verantwortlichkeiten.
- Darstellung, dass die gewählte Organisationsform jederzeit geeignet ist bzw. war, um die Verantwortung für das Projekt in allen Projektphasen, insbesondere bezüglich Sicherheit und Qualität, wahrnehmen zu können.
- Förderung einer positiven Sicherheitskultur: Darlegung der Massnahmen der EKKM AG zur Förderung einer guten Sicherheitskultur in jeder Projektphase und Beurteilung der Ergebnisse der Umsetzung dieser Massnahmen.

3.2 Qualitätsmanagement

Angaben des Gesuchstellers

Qualitätsmanagement bei der Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuchs

Bei den Arbeiten zur Untersuchung der Standorteignung und zur Erstellung der Unterlagen für das Rahmenbewilligungsgesuch standen gemäss den Angaben der EKKM AG die Ansprüche an die Qualität stets im Vordergrund. Die Arbeiten wurden auf der Grundlage eines QS-Plans durchgeführt, welcher die folgenden Elemente umfasste:

- Plan zur Prüfung der Arbeiten und Dokumente;
- Beurteilung der Qualifikation externer Anbieter und deren Qualitätskontrolle vor Auftragsvergabe;
- Bezeichnung des QS-Leiters;
- Bezeichnung der Methode zur Entscheidungsfindung.

Dieser QS-Plan wurde von einer externen, akkreditierten Gesellschaft auditiert.

Die Arbeiten wurden durch ein Projektteam von hochqualifizierten Fachpersonen mit teilweise grosser Erfahrung in der Nukleartechnik geleistet. Dieses Team wurde von erfahrenen Fachpersonen aus den Mutterfirmen bzw. aus den bestehenden Kernanlagen der Mutterfirmen sowie von externen Experten unterstützt.

Qualitätsmanagement für die weiteren Projektphasen

Für die Projektierung der neuen Anlage ist die Einführung eines formellen QM-Programms vorgesehen, welches Abläufe und Prozesse, Anforderungen, Verantwortlichkeiten etc. regeln soll. Dies gilt auch für die Bauphase, die Betriebsphase und die Stilllegungsphase. Neben den gesetzlichen Anforderungen sollen diese QM-Programme internationale Normen (wie z. B. ISO-9000 oder das TQM-Konzept) sowie die Safety Standards der IAEA (namentlich GS-R-3 [103]) berücksichtigen. Der Gesuchsteller präzisiert, dass ein Managementsystem angestrebt wird,

welches die Aspekte des Qualitätsmanagements und der Organisation bzw. der Organisationsprozesse integriert. Für die verschiedenen Lebensphasen der Anlage, von der Projektierung bis zur Stilllegung, werden die gesetzlichen Grundlagen für die Entwicklung des QM-Systems sowie inhaltliche Schwerpunkte angegeben.

Beurteilungsgrundlagen

Als Grundlagen für die Beurteilung der Angaben der EKKM AG zum Qualitätsmanagement werden vom ENSI die unter Kapitel 3.1 genannten Beurteilungsgrundlagen herangezogen.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller stellt im Sicherheitsbericht auf nachvollziehbare Art und Weise dar, wie sichergestellt wurde, dass die Angaben im Rahmenbewilligungsgesuch die erforderliche Qualität aufweisen.

In Bezug auf die weiteren Projektphasen verpflichtet er sich, neben den in Art. 25 KEV genannten Anforderungen an das Qualitätsmanagementprogramm für die Projektierungs- und die Bauphase auch internationale Normen sowie die Safety Standards der IAEA zum Managementsystem zu berücksichtigen. Er strebt zudem ein Managementsystem an, welches die Aspekte des Qualitätsmanagements und der Organisation bzw. der Organisationsprozesse integriert. Das ENSI begrüsst diese Absichtsbekundungen des Gesuchstellers und möchte ergänzend auf die folgenden Aspekte hinweisen: Der Safety Standard der IAEA GS-R-3 «The Management System for Facilities and Activities» (sowie die Richtlinie HSK-G07, welche die Berücksichtigung der Anforderungen aus GS-R-3 fordert) verlangt, dass eine Organisation (Bewilligungsinhaber, Gesuchsteller etc.) in jeder Lebensphase der Anlage ein umfassendes (integriertes) Managementsystem besitzt und anwendet, welches Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz, Sicherung, Qualität und wirtschaftliche Elemente integriert. Dies bedeutet, dass nicht verschiedene, je eigenständige Managementsysteme (z. B. Qualitätsmanagementsystem, Sicherheitsmanagementsystem etc.) implementiert werden sollen, sondern dass alle Aktivitäten einer Organisation auf der Grundlage eines integrierten Managementsystems auszuführen sind, in welchem der Sicherheit oberste und durchdringende Priorität zugeschrieben wird. Obwohl in der KEV von einem Qualitätsmanagementprogramm (bzw. -system) die Rede ist, implizieren die in Art. 25 KEV formulierten Anforderungen ebenfalls ein eigentliches Managementsystem, welches sich nicht auf die Aspekte der Qualitätssicherung und -kontrolle beschränkt, sondern eine umfassende Darstellung der Organisation und der Abläufe verlangt. Zudem verlangt Art. 25 Bst. 2 KEV, dass das Qualitätsmanagementprogramm den Stand der nuklearen Sicherheits- und Sicherungstechnik berücksichtigt. Das ENSI fordert demzufolge, dass der Gesuchsteller mit seinem Managementsystem die Anforderungen aus IAEA GS-R-3 zu erfüllen hat (Auflagenvorschlag, siehe weiter hinten).

Gemäss Art. 24 KEV stellt das Qualitätsmanagementprogramm für die Projektierungs- und Bauphase einen Bestandteil der Gesuchsunterlagen für die Baubewilligung dar. Die EKKM AG verpflichtet sich im Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch, das Qualitätsmanagementprogramm für die Projektierungs- und Bauphase im Rahmen des Gesuchs zur Baubewilligung einzureichen. Sie präzisiert, dass das QM-Programm für die Projektierung vor, jenes für den

Bau zusammen mit dem Gesuch zur Baubewilligung eingereicht werden sollen. Das ENSI begrüsst diese Absicht grundsätzlich. Es weist darüber hinaus jedoch auf die folgenden Aspekte hin:

Einem angemessenen Managementsystem und effektiven Projektmanagement kommt in einem Projekt des Umfangs und der Komplexität des Baus eines Kernkraftwerks eine zentrale Bedeutung zu. Dies verdeutlichen auch die Erfahrungen aus früheren in- und ausländischen, aber auch aus den aktuellen Neubauprojekten in Europa. Die Managementtätigkeiten beeinflussen die Sicherheit und Qualität der Abläufe und Produkte massgeblich und häufig auf irreversible Art und Weise. Einerseits können Probleme, welche auf Mängel im Management für Sicherheit und Qualität in früheren Projektphasen zurückzuführen sind, häufig nicht mehr rückgängig gemacht werden. Andererseits ist eine nachträgliche Überprüfung von bereits erfolgten Tätigkeiten und Prüfungen kaum mehr möglich.

Für die Überprüfung des Baubewilligungsgesuchs ist es demnach für das ENSI notwendig, frühzeitig Einsicht in das Managementsystem des Gesuchstellers nehmen und eine Stellungnahme abgeben zu können. Das ENSI muss sich vergewissern können, dass der Gesuchsteller jederzeit die notwendigen Fähigkeiten und Ressourcen für das Projektmanagement und ein angemessenes Managementsystem besitzt, um eine hohe Qualität bei der Erstellung der Anlage zu gewährleisten und seiner Verantwortung für die Sicherheit und Qualität des Kernkraftwerks gerecht werden zu können. Aus diesem Grund fordert das ENSI, dass es frühzeitig Einblick in das Managementsystem der EKKM AG erhält und die diesbezüglichen Aktivitäten des Gesuchstellers beaufsichtigen kann (Auflagenvorschlag, siehe weiter unten).

Zusammenfassende ENSI-Beurteilung der Kapitel 3.1 und 3.2

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass die Anforderungen aus der KEV bzw. die vom ENSI präzisierten Anforderungen für die Projektphase «Rahmenbewilligung» mit den Angaben des Gesuchstellers in den Kapiteln 2.8 und 5 des EKKM-Sicherheitsberichts erfüllt sind.

Bezüglich der nachfolgenden Bewilligungsphasen formuliert das ENSI den folgenden Auflagenvorschlag:

Auflage 1:

Die EKKM AG hat für die Projektierungs- und Auslegungsphase sowie für die Bauphase ein Managementsystem gemäss den Vorgaben von Art. 25 KEV sowie IAEA GS-R-3 zu implementieren. Insbesondere hat sie darzulegen, dass ihre Organisation den Anforderungen des Projekts in der Projektierungs- und in der Bauphase gerecht wird. Das ENSI überprüft das Managementsystem und dessen Umsetzung ab Beginn der Projektierungsphase.

4 Standorteigenschaften und Gefährdungen

4.1 Standorteigenschaften

4.1.1 Geografie und Bevölkerungsverteilung

Angaben des Gesuchstellers

In Kapitel 3.1 des Sicherheitsberichts behandelt der Gesuchsteller die Themen Geografie, Bevölkerung und Bodennutzung.

Der Standort des EKKM befindet sich im Aaretal ca. 12 km westlich der Stadt Bern. Der auf der linken Seite der Aare liegende Standort grenzt westlich an das bestehende Kernkraftwerk Mühleberg und östlich an die Schaltanlage Mühleberg, welche ihrerseits im Vorfeld der Staumauer des Wohlensees liegt. Weiter beschreibt der Gesuchsteller die Landschaft in der näheren Umgebung des Standorts einschliesslich einer Übersicht zur Entstehungsgeschichte, und die Minimalabstände zu den Nachbarkantonen und Nachbarstaaten werden aufgeführt.

Bezüglich der Bevölkerung werden sowohl die permanente Bevölkerung (Einwohner) als auch die transiente Bevölkerung (Personen mit vorübergehendem Aufenthalt) betrachtet. Die permanente Bevölkerung in den Notfallschutzzonen 1 (Radius = 2,8 km) und 2 (Radius ca. 20 km) des bestehenden KKM wird – aufgeschlüsselt bis auf Stufe Gemeinde – für die Jahre 1990, 2000, 2003 und 2007 angegeben. Der Gesuchsteller geht dabei vorerst von den Zonenplänen für das KKM aus, da die Anlagen KKM und EKKM nur einen Abstand von wenigen 100 m haben werden. Die Anpassung der Zonenpläne wird später vorgenommen. Das grösste Ballungszentrum in der Nähe des Standorts ist Bern, die ersten Siedlungsschwerpunkte Berns liegen mehr als 8 km vom Standort entfernt. Die Agglomeration Bern hat einen Anteil von über 50 % an der Gesamtbevölkerung der Notfallschutzzonen 1 und 2. Die Bevölkerungsdichten der Gemeinden, die von der Zone 1 tangiert werden, betragen zwischen 82 Einwohner/km² (Radelfingen) und 248 Einwohner/km² (Wohlen). Im Vergleich zum Mittelland kann die direkte Umgebung des Standorts daher als dünn besiedelt bezeichnet werden. Es sind relativ wenige Einwohner von den Baumassnahmen zur Erstellung des Kraftwerks betroffen, und während des Betriebs des EKKM ist die Notfallplanung erleichtert. Im weiteren Umkreis werden dann für das Mittelland typische Bevölkerungsdichten erreicht. Im Trendszenario, welches die künftige Entwicklung basierend auf den vorliegenden Zahlen am besten beschreibt, wird im Kanton Bern von einer bis 2030 weiterhin anwachsenden Bevölkerung ausgegangen, die sukzessive abnehmenden Wachstumsraten schlagen in der Dekade 2030–2040 jedoch in eine Bevölkerungsabnahme um. Für den Kanton Fribourg wird bis 2050 durchgehend von Zunahmen ausgegangen, die sich allerdings mit der Zeit abschwächen. Für den erweiterten Umkreis (15 km) wird mit einem Bevölkerungsanstieg bis 2050 um ca. 20 % gerechnet.

Zur transienten Bevölkerung zählt der Gesuchsteller Schüler (Sekundarstufe II und Tertiärstufe), Spitalpatienten und Touristen. In einem Umkreis von 10 km um den Standort ist der Anteil der transienten Bevölkerung vernachlässigbar. Im Bereich zwischen 10 und 20 km dominiert die Agglomeration Bern. Insgesamt ist die transiente Bevölkerung mit gut 70 000 Personen weit kleiner als die permanente Bevölkerung von etwa 550 000 Personen. Die in den Notfallschutzzonen 1 und 2 beschäftigten Personen werden nicht zur transienten Bevölkerung gerechnet, hingegen wird der Anteil des Pendlerzustroms in die Agglomeration Bern angegeben. Er beträgt ca. 28 %, was etwa 67 000 Personen entspricht.

Die Bodennutzung im Umkreis von 20 km wird im Sicherheitsbericht gemeindeweise aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Siedlungsflächen, landwirtschaftlichen Flächen, bestockten Flächen und unproduktiven Flächen.

Zusammenfassend beurteilt der Gesuchsteller den Standort sowohl hinsichtlich der Bevölkerungsverteilung als auch hinsichtlich der Bodennutzung als für den Bau und den Betrieb eines Kernkraftwerks geeignet. Als vorteilhaft wird insbesondere das lokale Minimum der Bevölkerungsdichte in der näheren Umgebung betrachtet, mit einer Bevölkerungsdichte deutlich unter dem Mittelwert des schweizerischen Mittellandes. In dem dünn besiedelten Raum mit vorwiegend landwirtschaftlicher Nutzung werden nur wenige Nutzungskonflikte erwartet, zumal sich die permanent zu überbauenden Flächen im Eigentum der BKW befinden.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zu Geografie und Bevölkerungsverteilung sind die allgemeinen Grundlagen in Art. 4 KEG (Grundsätze für die Nutzung der Kernenergie) und Art. 13 KEG (Voraussetzungen für die Erteilung der Rahmenbewilligung), in Art. 7 KEV (Anforderungen an die nukleare Sicherheit) sowie in Art. 23 KEV (Inhalt der Gesuchsunterlagen).

Beurteilung des ENSI

In Kapitel 3.1 des EKKM-Sicherheitsberichts werden die geografische Lage des Standorts, die Bevölkerungsverteilung und -entwicklung sowie die Gegebenheiten der Bodennutzung zweckmässig dargestellt. Die Bevölkerungsverteilung in den Notfallschutzzonen 1 und 2 um den Standort wird dargelegt, wobei sowohl die permanente als auch die transiente Bevölkerung betrachtet werden. Die Erhebung der Bevölkerungsdichte und -verteilung erfolgt anhand von aktuellen Daten des Bundesamtes für Statistik und wird übersichtlich und nachvollziehbar dargestellt. Die Auswahl der für die transiente Bevölkerung berücksichtigten Bildungsinstitutionen ist zweckmässig. Es wurden diejenigen Institutionen berücksichtigt, welche einen hohen Anteil von Auswärtigen aufweisen. Der Ausschluss von Schulen mit primär ortsansässigen Schülern ist nach Auffassung des ENSI korrekt, da diese bereits unter der permanenten Bevölkerung erfasst werden.

Das ENSI beurteilt die Bevölkerungsdichte um den Standort EKKM als gering bis moderat. Aus der Darstellung der Bodennutzung in der Umgebung des Standorts ergeben sich keine Besonderheiten, die im Hinblick auf die Standorteignung relevant wären. Insgesamt bestätigt das ENSI die

Einschätzung des Gesuchstellers, dass der Standort EKKM hinsichtlich Bevölkerungsdichte, -verteilung und -entwicklung sowie Bodennutzung für den Bau und Betrieb eines Kernkraftwerks geeignet ist.

Die Darstellung und Beurteilung der Bevölkerungsverteilung um den Standort dient in erster Linie zur Beurteilung der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen. Die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zum externen Notfallschutz erfolgt in Kapitel 5.4 des vorliegenden Gutachtens.

4.1.2 Verkehrswege und Industrie

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller eruiert und beurteilt in Kapitel 3.2 des Sicherheitsberichts das Gefährdungspotenzial, welches von benachbarten Industriebetrieben, militärischen Anlagen, Erdgashochdruckanlagen und vom Transport gefährlicher Güter am Boden ausgeht. Die mögliche Wechselwirkung des EKKM mit dem bestehenden KKM während des Baus und ggf. während eines Parallelbetriebs beider Anlagen wird in Kapitel 3.6.4 des Sicherheitsberichts beschrieben. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse für die einzelnen Bereiche sind im Folgenden wiedergegeben.

Industriebetriebe

Im Umkreis von ca. 2 km um den Standort EKKM befinden sich ausser dem KKM und dem Wasserkraftwerk Mühleberg keine anderen Industrieanlagen. Der Gesuchsteller beschreibt die weiteren Industriebetriebe bis zu einer Distanz von 8,5 km vom geplanten Standort EKKM. In der folgenden Tabelle 4.1-1 sind diese zusammengestellt.

Des Weiteren beruft sich der Gesuchsteller auf eine Auskunft des Kantonalen Laboratoriums Bern, welches im Kanton für den Vollzug der Störfallverordnung [18] zuständig ist. Dieses bestätigt, dass sich gemäss dem kantonalen Risikokataster in der näheren Umgebung des geplanten

Tabelle 4.1-1: Betriebe im Umkreis von 8,5 km um den Standort EKKM (Quelle: SIB EKKM)

Nr.	Betrieb	Tätigkeit	Ort	Abstand zu EKKM [km]
1	Tankstelle	Tankstelle	Mühleberg	2,2
2	Deponie Teuftal	Deponie für Feststoff- und inaktive Reaktorabfälle sowie Schlacken aus Kehrichtverbrennung, inkl. Blockheizkraftwerk für Verbrennung der Deponiegase	ausserorts, östlich EKKM	2,3
3	Zuckerfabrik	Verarbeitung von Rüben zu Zucker	Gewerbezone Aarberg	ca. 7
4	Swisscom AG	Technisches Zentrum	Industriequartier Gumme, Bern-Brünnen	ca. 7
5	Coop	Zentrale Verteilstelle inkl. Kehrichtverbrennungsanlage	Industriequartier Gumme, Bern-Brünnen	ca. 7
6	Schokoladenfabrik Tobler	Produktion	Industriequartier Gumme, Bern-Brünnen	ca. 7
7	Einkaufszentrum Westside	Einkaufszentrum	Industriequartier Gumme, Bern-Brünnen	ca. 7
8	Cruzell	Herstellung von Impfstoffen	Niederwangen	8,5
9	Wander	Produktionszentrum	Neuenegg	8,5

Standorts EKKM ausser dem KKM und dem Wasserkraftwerk Mühleberg keine industriellen Gefahrenpotenziale mit möglicher Auswirkung auf den Standort EKKM befinden.

Mögliche Gefährdungen durch das bestehende KKM und das Wasserkraftwerk Mühleberg werden vom Gesuchsteller wie folgt dargelegt:

Gemäss Gesuchsteller besteht die Möglichkeit, dass das bestehende KKM während des Baus des EKKM noch in Betrieb ist. Auch ein paralleler Leistungsbetrieb beider Anlagen kann nicht ausgeschlossen werden. Die BKW hält jedoch fest, das bestehende KKM möglichst rasch nach Inbetriebnahme des EKKM ausser Betrieb zu nehmen. Zu den möglichen gegenseitigen Einwirkungen dieser beiden Anlagen gehören: Freisetzung von Chemikalien oder Radioaktivität, Lastabwurf in einem der beiden Kernkraftwerke, Blockierung von Zufahrtswegen, Notfallsituationen durch den Bau des EKKM und Beeinträchtigung der Wassereinleitung des KKM durch Materialien oder Baustoffe während der Bauphase des EKKM. Im Rahmen der Planung der Bauphase will der Gesuchsteller diese Einwirkungen näher untersuchen und wo nötig geeignete Sicherheitsmassnahmen ergreifen. Grundsätzlich geht er jedoch davon aus, dass diese Gefährdungen durch die Auslegung des KKM/EKKM weitestgehend abgedeckt sind. Auch Gefährdungen für das EKKM durch den gleichzeitigen Betrieb beider Anlagen sollen im Rahmen der Projektierung untersucht und im Baubewilligungsgesuch dokumentiert werden. Die Gefährdung des EKKM durch das bestehende KKM während dessen Stilllegungsphase betrachtet die EKKM AG als durch die Auslegung des EKKM gegen externe Ereignisse abgedeckt.

Der Bruch der Staumauer des Wasserkraftwerks wird in Kapitel 4.2.3 des Gutachtens behandelt. Mögliche andere Einwirkungen sind die Freisetzung von Chemikalien (Schmiermittel) oder die Blockierung der Zufahrtswege bei Grosstransporten. Diese Risiken können mit organisatorischen Massnahmen kontrolliert werden. So werden Chemikalien im Wasserkraftwerk nur in Kleinmengen gelagert, und bei Transporten wird die Zufahrt für Rettungskräfte jederzeit sichergestellt sein. Die baulichen Massnahmen im Wasserkraftwerk im Zuge der Konzessionserneuerung 2017 werden, falls notwendig, von der BKW mit den Vorarbeiten für das EKKM koordiniert.

Der Gesuchsteller kommt insgesamt zum Schluss, dass von den benachbarten Industriebetrieben keine unzulässige Gefährdung des EKKM ausgeht.

Militärische Anlagen

Der Gesuchsteller beruft sich auf den Sachplan Militär SPM, in welchem Waffenplätze, Schiessplätze, Militärflugplätze und Übersetzstellen aufgelistet sind. Gemäss diesem befinden sich zurzeit keine für die Sicherheit des EKKM relevanten militärischen Anlagen in der näheren Umgebung des geplanten Standorts. Einzig auf eine Übersetzstelle über die Aare in unmittelbarer Nähe wird verwiesen. Im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs will der Gesuchsteller allfällige Gefährdungen durch die genannte Übersetzstelle näher untersuchen.

Des Weiteren stützt sich der Gesuchsteller auf eine Auskunft des IOS/Stab Chef der Armee (Informations- und Objektsicherheit, Generalsekretariat VBS), gemäss der sich in einem Radius von 8 km um den Standort EKKM keine relevanten militärischen Munitions- und Treibstofflager

befinden. Als Kriterium für die Relevanz einer militärischen Anlage wurde dabei in Analogie zu den Industriebetrieben ein Überschreiten der Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung StFV [19] für die Stoffe Benzin, Dieselöl und TNT herangezogen.

Erdgas-Hochdruckanlagen

Die nächstgelegene Erdgas-Hochdruckleitung verläuft in einer Distanz von minimal 4,5 km zum Standort EKKM. Der Gesuchsteller beurteilt eine mögliche Gefährdung des EKKM anhand der Angaben im Rahmenbericht «Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen» [20]. Für das Maximalereignis «Feuerball» wird beim gegebenen Leitungsdurchmesser von 16" und bei einem Betriebsdruck von 70 bar als maximale Gefährdungsdistanz (Letalitätsrate 1 % für Personen im Freien) ein Radius von ca. 140 m angegeben. Für Druckreduzier- und Messstationen (DRM-Stationen) ergeben sich gemäss Rahmenbericht [20] deutlich geringere Schadensradien als bei der Erdgas-Hochdruckleitung. Die Standorte der nächstgelegenen DRM-Stationen werden daher vom Gesuchsteller nicht näher betrachtet. Zudem weist der Gesuchsteller darauf hin, dass selbst bei den grössten in der Schweiz vorkommenden Erdgas-Hochdruckleitungen der grösste Schadensradius (Letalitätsrate 1 % für Personen im Freien bei Feuerball) gemäss Rahmenbericht [20] lediglich ca. 390 m beträgt und somit deutlich geringer ist als der Abstand zwischen dem EKKM und der nächstgelegenen Erdgas-Hochdruckleitung. Der Gesuchsteller kommt daher zum Schluss, dass die bestehende Erdgas-Hochdruckleitung aufgrund der ausreichenden Distanz keine Gefährdung für das EKKM darstellt.

Verkehrs- und Transportwege am Boden

In der näheren Umgebung des geplanten Standorts befinden sich verschiedene Verkehrswege. Ca. 1,5 km südlich des Standorts verläuft die Autobahn A1 Bern – Lausanne. In einem Abstand von ca. 2 km südlich des Standorts verläuft zudem die Kantonsstrasse Bern – Lausanne. Die nächstgelegene Bahnlinie Bern – Neuchâtel befindet sich in einer Distanz von 4 km südlich des Standorts EKKM. Gemäss einer Planungshilfe des Bundes [21] handelt es sich dabei nicht um eine risikorelevante Bahnanlage. Ein eigener Bahnanschluss des Werksgeländes ist nicht vorhanden und auch nicht vorgesehen. Die Aare, welche unmittelbar am Standort vorbeifliesst, wird lediglich von Freizeitbooten befahren. Im Sicherheitsbericht ist eine Übersichtskarte enthalten (Abbildung 3.2-1), welche sowohl die Verkehrswege als auch die Erdgas-Hochdruckleitung zeigt.

Für den Transport gefährlicher Güter auf Strasse und Schiene werden zur Identifikation der möglichen Standortgefährdung die Leitstoffe Propan, Benzin und Chlor herangezogen. Zur Ermittlung der Schadensradien der Leitstoffe Propan und Benzin dienen die Angaben in den Rahmenberichten [22] und [24].

Die folgende Tabelle 4.1-2 zeigt die vom Gesuchsteller berücksichtigten Szenarien inkl. der zugehörigen Schadensradien bzw. der Beurteilung. Als BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) wird dabei eine Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit bezeichnet.

Aufgrund der Distanzen zu der nächstgelegenen Autobahn, zu den Hauptstrassen und zur Bahnlinie schliesst der Gesuchsteller eine Gefährdung des EKKM durch Propan- und Benzintransporte aus. Die Relevanz von Gefährdungen durch Chlorgas will der Gesuchsteller zu einem spä-

Tabelle 4.1-2: Berücksichtigte Szenarien zu Verkehrs- und Transportwegen am Boden inkl. entsprechender Schadensradien und Beurteilung (Quelle: SIB EKKM)

Leitstoff	Szenario	Schadensradius/Beurteilung
Propan	Strasse: BLEVE von 20 t Propan	Radius Feuerball: 75 m 3 x Radius Feuerball: 225 m
	Strasse: Gaswolkenbrand nach spontaner Freisetzung von 20 t Propan mit verzögerter Entzündung	Schadensradius: ca. 250 m
	Bahn: BLEVE von 46 t Propan	Radius Feuerball: 98 m 3 x Radius Feuerball: 294 m
	Bahn: Gaswolkenbrand nach spontaner Freisetzung von 46 t Propan mit verzögerter Entzündung	Schadensradius: ca. 300 m
	Freistrahbrand	Flammenlänge von mehreren 10 m. Gefährdung nur für direkte Nachbarschaft
	Eindringen in Kanalisation (nur gasförmig/kleine Menge)	Wegen geringer Menge nicht relevant
Benzin	Brand einer Flüssigkeitslache	Auswirkung begrenzt auf Ausdehnung der Flüssigkeitslache und allenfalls Inbrandsetzung von Objekten in unmittelbarer Nachbarschaft
	Explosion in der Kanalisation	Je nach Lage der Kanalisation sind Schäden möglich.
Chlor	Bahn: Freisetzung von 55 t druckverflüssigtem Chlor	Je nach Umgebungsbedingungen Ausbreitung über mehrere km ²

teren Zeitpunkt noch detaillierter abklären. Er weist bereits jetzt auf die angesichts der Distanz zur Bahnlinie bestehende Vorwarn- und Reaktionszeit hin. Für die Standortevaluation beurteilt er die Gefährdungen durch Chlorgas allerdings als nicht massgebend.

Weitere Ereignisse

Die möglichen Konsequenzen einer Freisetzung von Chemikalien bzw. die Gefährdung durch Lieferung und Lagerung von Gefahrstoffen, welche für den Betrieb benötigt werden, wird der Gesuchsteller im Baubewilligungsgesuch aufzeigen und die Anlage entsprechend auslegen. Damit schliesst er eine Gefährdung der Anlage durch eine Freisetzung von Chemikalien auf dem Gelände aus.

Eine Gefährdung durch toxische Gase schliesst der Gesuchsteller in Kapitel 3.6.2.27 des Sicherheitsberichts aus folgenden Gründen aus: für den Betrieb der Anlage benötigte Chemikalien wird er in ausreichender Distanz zu den Ansaugöffnungen der Lüftungsanlagen lagern. Im Falle einer sich abzeichnenden Gefahr kann zudem die Zuluft zur Anlage über Aktivkohlefilter gereinigt werden. In sicherheitsrelevanten Anlageteilen will der Gesuchsteller persönliche Schutzausrüstungen mit Atemschutz bereitstellen. Generell richtet sich die Gefährdung durch toxische Gase hauptsächlich gegen Personen und nicht gegen die Sicherheit der Anlage. Nach Darstellung des Gesuchstellers stehen genügend Mittel zur Verfügung, um dieser Gefährdung entgegenzuwirken.

Beurteilungsgrundlagen

Bei der Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers stützt sich das ENSI primär auf die Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung und auf eigene Richtlinien, insbesondere auf:

- Art. 8 und Art. 23 KEV;
- Verordnung des UVEK vom 17. Juni 2009 über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (Stand am 1. August 2009) [15];
- «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang», Richtlinie ENSI-A05, 2009 [90].

Als weitere Beurteilungsgrundlagen dienen Richtlinien und Rahmendokumente anderer Institutionen aus der Schweiz, anderer Staaten und internationaler Organisationen:

- International Atomic Energy Agency (IAEA), IAEA Safety Standards Series, «Site Evaluation for Nuclear Installations» Safety Requirements No. NS-R-3, 2003 [107];
- U.S.NRC, Regulatory Guide 4.7 – «General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations», Revision 2, April 1998 [116];
- Schweizerische Erdgaswirtschaft, «Rahmenbericht Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen», erstellt durch SKS Ingenieure AG, revidierte Ausgabe 1997 [20];
- CARBURA, BUWAL, «Rahmenbericht über die Sicherheit von Stahltankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe», erstellt durch SKS Ingenieure AG, 2005 [22];
- BUWAL/ASTRA, «Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Autobahn», erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, August 1999 [23];
- BUWAL, Arbeitsgruppe Flüssiggas-Tankanlagen, «Rahmenbericht Flüssiggas-Tankanlagen zum Kurzbericht und zur Risikoermittlung im Hinblick auf die Störfallvorsorge», erstellt durch Basler & Hofmann AG, 1992 [24];
- BUWAL/SBB, «Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Bahn», erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, Mai 1998 [25];
- BAV, «Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn. Methodik und Bewertung in der Schweiz», erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, 2004 [26];
- BAFU, «Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV), Liste mit Stoffen und Zubereitungen», 2006 [19];
- Schweizerische Eidgenossenschaft, Verordnung über den Schutz vor Störfällen (StFV), 814.012, 1991 [18];
- Bundesamt für Raumentwicklung (ARE); «Planungshilfe Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge entlang von risikorelevanten Bahnanlagen», 2008 [21].

Beurteilung des ENSI

Industriebetriebe

Art. 8 KEV verlangt, dass bei Kernanlagen Schutzmassnahmen gegen Störfälle mit Ursache innerhalb und ausserhalb der Anlage zu treffen sind. Zu diesem Thema weist die IAEA [107] darauf hin, dass zur Beurteilung der Standorteignung abgeklärt werden soll, ob sich in der Umgebung Anlagen befinden, in welchen entflammbare, explosive, erstickende, toxische, korrosive oder radioaktive Stoffe gelagert, verarbeitet oder transportiert werden. Die schweizerische Gesetzgebung gibt keine klaren Anweisungen, bis zu welcher Distanz die Umgebung eines geplanten Standorts auf entsprechende Gefährdungen hin untersucht werden soll. Gemäss der US-amerikanischen Aufsichtsbehörde U.S. NRC sollte dafür die Umgebung in einem Radius von

8 km berücksichtigt und einer Grobbeurteilung des Gefährdungspotenzials bezüglich kritischer Betriebe und Aktivitäten unterzogen werden [116]. Falls diese Betriebe ein nennenswertes Gefährdungspotenzial aufweisen, soll eine detaillierte Untersuchung bezüglich brennbarer Gaswolke, toxischer Chemikalien etc. durchgeführt werden.

Der Gesuchsteller folgt dem Vorschlag der U.S. NRC, berücksichtigt aber noch leicht grössere Distanzen um das EKKM von bis zu 8,5 km. Es ist allerdings für das ENSI nicht überprüfbar, nach welcher Systematik die Nachbarbetriebe erhoben wurden und ob die Liste vollständig ist. Das ENSI formuliert deshalb den folgenden Hinweis:

Hinweis 1:

Die schriftliche Bestätigung des Kantonalen Laboratoriums Bern, dass im kantonalen Chemierisikokataster ausser dem KKM und dem Wasserkraftwerk Mühleberg keine industriellen Gefahrenpotenziale mit möglicher Auswirkung auf den Standort EKKM verzeichnet sind, ist dem ENSI im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens nachzureichen.

Das ENSI ist mit der Aussage des Gesuchstellers einverstanden, dass die vom Wasserkraftwerk Mühleberg und vom bestehenden KKM ausgehenden Risiken mit organisatorischen und technischen Massnahmen kontrolliert werden können. Die vom Gesuchsteller beabsichtigte tiefere Untersuchung gegenseitiger Wechselwirkungen zwischen dem KKM und dem EKKM während des Baus des EKKM, bei allfälligem Parallelbetrieb und während des Rückbaus des KKM ist im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erforderlich. Wo nötig, sind geeignete Massnahmen zu ergreifen. Der Bau weiterer Reaktoren in der Nähe bestehender Anlagen ist eine international übliche Vorgehensweise. Weltweit betrachtet befindet sich die Mehrheit der Leistungsreaktoren an Standorten mit mehreren Blöcken. Ein bereits bestehendes Kernkraftwerk stellt daher a priori keinen Standortnachteil dar. Ebenso wurden an verschiedenen Standorten mit mehreren Leistungsreaktoren ein oder mehrere Blöcke stillgelegt, während die übrigen Blöcke normal in Betrieb blieben. Auch beim Bau eines neuen Leistungsreaktors in der Nähe eines bestehenden Kernkraftwerks kann das bestehende Kernkraftwerk somit in jedem Fall stillgelegt werden, sollte dies aus Gründen der nuklearen Sicherheit oder Sicherung erforderlich sein.

Militärische Anlagen

Nach Auskunft des VBS ist generell festzuhalten, dass von militärischen Anlagen und Objekten sowie allfälligen militärischen Aktivitäten in der Umgebung der geplanten Anlage (z.B. Transporte) kein Gefährdungspotenzial ausgeht, das die Eignung des Standorts in Frage stellen würde.

Erdgas-Hochdruckanlagen

Der Rahmenbericht «Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen» [20] ist das in der Schweiz massgebende Dokument zur Gefahrenbeurteilung bei solchen Anlagen. Die maximalen Schadensradien einer Gasfreisetzung mit anschliessender Explosion sind gemäss dieser Grundlage deutlich kleiner als der Abstand zwischen der nächstgelegenen Erdgas-Hochdruckleitung und dem Projektareal EKKM. Zurzeit wird dieser Rahmenbericht überarbeitet. Dabei zeichnet sich ab, dass die möglichen Schadensradien zukünftig etwas höher angesetzt werden könnten. Angesichts des grossen Verhältnisses von Mindestabstand zur Erdgas-Hochdruckleitung zu maxima-

lem Schadensradius würde selbst eine Verdoppelung der Schadensradien keine Neubeurteilung erforderlich machen. Da das EKKM auch gegen einen Flugzeugabsturz mit nachfolgendem Kerosinbrand auszulegen ist, was eine ungleich höhere thermische und mechanische Belastung bedeutet als ein Feuerball im Abstand eines Schadensradius sowie aufgrund des grossen Abstands von ca. 4,5 km zwischen der Erdgas-Hochdruckleitung und dem EKKM ist das ENSI mit der Aussage des Gesuchstellers einverstanden, dass die Erdgas-Hochdruckanlage keine Gefährdung für das EKKM darstellt.

Ein Waldbrand kann als Folgeereignis von Unfällen bei Erdgas-Hochdruckanlagen auftreten. Im Fall des EKKM besteht jedoch keine durchgehend bewaldete Verbindung vom Standort zur Erdgas-Hochdruckleitung. Daher stellen derart ausgelöste Waldbrände keine Gefährdung dar.

Verkehrs- und Transportwege am Boden

Das ENSI erachtet das Vorgehen des Gesuchstellers als zweckmässig, zur Beurteilung der von Verkehrswegen ausgehenden Gefährdung des EKKM von einzelnen Leitstoffen auszugehen. Die Berücksichtigung der Leitstoffe Chlor, Propan und Benzin entspricht der in der Schweiz üblichen Praxis, welche in einschlägigen Rahmendokumenten ([20], [22], [23], [24], [25]) durch verschiedene Bundesstellen wie BAFU, ASTRA und BAV breite Anerkennung findet.

Auch bei der Beurteilung der einzelnen Szenarien greift der Gesuchsteller im Wesentlichen auf die entsprechenden Rahmenberichte des BAFU zurück. Die von der EKKM AG angegebenen Schadensradien entsprechen den Berechnungsgrundlagen in diesen Dokumenten. Gemäss den aufgeführten maximalen Schadensradien kann eine Gefährdung des EKKM durch Propan- und Benzintransporte auf Strasse und Schiene ausgeschlossen werden. Die als Grundlage verwendeten Dokumente berücksichtigen allerdings nicht, dass seit Januar 2005 auf Schweizer Strassen auch 40-t-LKW zugelassen und somit auch entsprechend grössere Propan-Tankfahrzeuge möglich sind. Gemäss dem massgebenden Rahmenbericht [24] ist allerdings auch der Schadensradius eines BLEVE von 40 t Propan (konservative Annahme, da Eigengewicht des Fahrzeugs nicht berücksichtigt) mit ca. 280 m noch deutlich geringer als der Abstand zwischen dem EKKM und der nächstgelegenen Transitstrasse.

Der Gesuchsteller geht zwar auf die Möglichkeit der Ausbreitung explosionsfähiger Stoffe in der Kanalisation ein und erwähnt, dass je nach Lage derselben Schäden möglich sind. Die Frage, ob sich entzündliche Stoffe auch im vorliegenden Fall konstruktionsbedingt über das Kanalisationsnetz bis unter das EKKM ausbreiten und es dort zu einer verdämmten Explosion mit Auswirkung auf das Kraftwerk kommen könnte, wurde vom Gesuchsteller aber nicht untersucht. Im Baubewilligungsgesuch ist deshalb in den Gefährdungsspezifikationen darzulegen, dass eine Ausbreitung von entzündbaren Stoffen wie z.B. Propan oder Benzin über die Kanalisation und eine verdämmte Explosion in derselben das EKKM nicht gefährden kann. Andernfalls sind bauliche oder technische Gegenmassnahmen vorzunehmen.

Für die Berechnung von Gefährdungsdistanzen bei der Freisetzung von Chlorgas gibt der Gesuchsteller keine Quellen an. Die in der Schweiz massgebenden Dokumente für die Risikoanalyse von Gefahrguttransporten auf der Strasse und der Schiene sind die entsprechenden

Pilotrisikoanalysen des BAFU ([23], [25]) und auf deren Basis ein etwas aktuelleres Dokument des BAV [26]. In diesen Rahmendokumenten wird als gefährdungsbestimmende Freisetzungsmenge aus einem Bahnkesselwagen von maximal 55 t Chlorgas ausgegangen. Für die Freisetzung aus Strassenfahrzeugen wird mit maximal 2 t Chlorgas gerechnet. Diese Mengen entsprechen den Annahmen des Gesuchstellers. Die maximale Ausbreitungsstrecke gesundheitsschädlicher Konzentrationen von Chlorgas hängt stark von den herrschenden meteorologischen Bedingungen und der lokalen Topografie ab. Chlorgas ist deutlich schwerer als Luft. Es handelt sich somit um ein Schwergas, welches auch nach Erwärmung auf Umgebungstemperatur in bodennahen Schichten verbleibt, bis es sich im Laufe der Zeit durch Verwirbelung und Diffusion in der Luft verteilt. Gemäss den genannten Grundlagen betragen die maximalen Gefährdungsdistanzen für Chlortransporte auf der Strasse (2 t Chlor) ca. 500 m [23], für Bahntransporte (55 t Chlor) mehrere Kilometer [25]. Diese grossen Ausbreitungsradien treten allerdings nur bei vollständiger Windstille auf und gelten für Personen, die sich im Freien aufhalten. Für Personen in Gebäuden, insbesondere bei ausgeschalteter Lüftung, sind die Gefährdungsdistanzen deutlich kleiner. Zudem ist die Topografie von entscheidender Bedeutung. Zwischen dem Standort des EKKM und der südlich davon gelegenen Bahnlinie verläuft ein Hügelzug, welcher eine direkte bodennahe Ausbreitung einer Chlorgaswolke von der Bahnlinie zum EKKM verhindert. Eine bodennahe Ausbreitung von Chlorgas von der Bahnlinie zum EKKM kann gemäss einer Betrachtung des ENSI aufgrund der Topografie aber nicht völlig ausgeschlossen werden. Bei einer Chlorfreisetzung auf der Autobahn A1 besteht bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen und aufgrund der Topografie die Möglichkeit, dass eine Chlorgaswolke das Areal des EKKM erreicht. Da bei einer Chlorgasimmission die Auswirkungen auf betroffene Personen im Vordergrund stehen, ist die Bedeutung einer Chlorgaswolke für die nukleare Sicherheit des EKKM nur untergeordnet. Angesichts der Seltenheit unfallbedingter Chlorgasfreisetzungen und den Ausbreitungswegen von mehreren Kilometern beurteilt das ENSI deren Bedeutung für die nukleare Sicherheit des EKKM als marginal. Das ENSI ist daher mit der Aussage des Gesuchstellers einverstanden, dass das Szenario einer Chlorfreisetzung den geplanten Standort des EKKM nicht in Frage stellt.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass von den Verkehrswegen keine Gefährdungen für das EKKM ausgehen, welche die Standorteignung grundsätzlich in Frage stellen. Die vorhandenen Risiken sind sehr gering und können mit auslegungstechnischen Massnahmen kontrolliert werden.

Weitere Ereignisse

Gefährdungen, welche von den für den Betrieb des EKKM notwendigen Gefahrstoffen ausgehen, sind vom Standort des Areals EKKM unabhängig. Die Frage der Standorteignung wird von diesen Stoffen daher nicht beeinflusst. Eine Gefährdung des Anlagenbetriebs kann aber dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Wie vom Gesuchsteller vorgesehen, müssen daher entsprechende Gefährdungen im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs näher untersucht, dokumentiert und falls erforderlich Gegenmassnahmen ergriffen werden.

Gemäss Sicherheitsbericht besteht die Möglichkeit, die für die Gebäudelüftung angesaugte Luft über Aktivkohlefilter umzuleiten. Eine Gefährdung durch toxische Gase kann mit dieser

Massnahme ausgeschlossen werden. Um anorganische Stoffe adsorbieren zu können, muss die Aktivkohle allerdings entsprechend konditioniert sein. Im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs ist von der EKKM AG in den Gefährdungsspezifikationen darzulegen, auf welche Szenarien die Filter in der Gebäudelüftung ausgelegt werden und welche Lüftungstechnischen Massnahmen ergriffen werden, um das Eindringen toxischer Stoffe zu detektieren und zu verhindern. Falls vorhanden, sind dabei allgemein toxische Gase zu berücksichtigen, also z.B. auch Ammoniak für Kälteanlagen, Rauchgase, Chlor, etc.

Im Sicherheitsbericht wird nicht auf eine mögliche Gefährdung des EKKM infolge einer Ausbreitung von Chemikalien über das Grundwasser eingegangen. Aufgrund fehlender Freisetzungsquellen von chemischen Stoffen in der näheren Umgebung des EKKM ist ein entsprechendes Ereignis allerdings sehr unwahrscheinlich. Eine allfällige Schädigung der Gebäudefundationen durch eine Kontamination des Grundwassers würde sich zudem nicht direkt auf den Betrieb des EKKM auswirken, sondern könnte allenfalls im Zusammenhang mit einer unwahrscheinlichen internen Freisetzung von radioaktiven Stoffen zu einer Gefährdung der Umwelt führen. Mit geeigneten Massnahmen zur Alterungsüberwachung der Bauwerke und zur Aktivitätsüberwachung in der Anlage kann dieses Risiko praktisch ausgeschlossen werden.

Zusammenfassende Beurteilung der Gefährdung durch Verkehrswege und Industrie

Die Überprüfung der Untersuchungen des Gesuchstellers bezüglich der potenziellen Gefährdung des EKKM durch benachbarte Industrieanlagen, Strassen und Bahnlinien durch das ENSI hat gezeigt, dass weder Verkehrswege noch Industrieanlagen in der Umgebung des Standorts vorhanden sind, die zu einer unzulässigen Gefährdung des EKKM führen würden. Einerseits sind die Distanzen solcher Anlagen zum EKKM gross genug, um eine relevante Beeinträchtigung der Sicherheit des EKKM ausschliessen zu können, andererseits kann der Schutz des EKKM mit auslegungstechnischen Massnahmen sichergestellt werden. Die diesbezüglichen Gefährdungsspezifikationen sind im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens einzureichen. Das ENSI ist mit der Beurteilung des Gesuchstellers einverstanden, dass die Eignung des geplanten Standorts durch die Gefahren, die von benachbarten Industriebetrieben, Strassen und Bahnlinien ausgehen können, nicht in Frage gestellt ist.

4.1.3 Logistik und Baustelleneinrichtung

Angaben des Gesuchstellers

Gemäss den Angaben in Kapitel 2.3.5 des Sicherheitsberichts rechnet der Gesuchsteller mit einer Bauzeit von sieben bis acht Jahren. Während dieser Zeit werden drei bis vier Flächen temporär beansprucht. Das Areal des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg wird dabei nicht tangiert.

Mögliche Nutzungsarten der unmittelbar an das Baufeld angrenzenden temporären Fläche sind Büros, Parkplätze, Montagehallen, Betonwerke, Bodenumschlagplatz, Humus-Deponie, Wasseraufbereitungsanlage, Werkstätten und Magazine. Die dafür vorgesehene Fläche beträgt ca. 13 ha. Ein Teil davon liegt am gegenüberliegenden Aareufer und soll durch eine temporäre Brücke mit dem Baufeld verbunden werden.

Etwa 1,5 km südlich der EKKM-Baustelle ist ein externer Logistikplatz vorgesehen. Er liegt zwischen der Autobahn A1 und der Kantonsstrasse T1. Mögliche Nutzungsarten des externen Logistikplatzes sind Zwischenlagerflächen für Stückgut, Aushub und Humus sowie Lagerhallen, Werkstätten und Nebeneinrichtungen. Die geplante Fläche beträgt ebenfalls ca. 13 ha.

Etwa 2 km südwestlich des Baufelds, unmittelbar südlich der A1, ist auf einer Fläche von ca. 10 ha ein Barackendorf mit Wohnunterkünften, Personalrestaurant, Freizeitraum etc. geplant.

Die EKKM AG hält fest, dass die endgültige Wahl der Flächen von der Erschliessung, von Anlagentyp und -konzeption, vom Bauablauf und vom Vorgehen bei der Fertigung der Baumodule sowie von nicht als Ganzes transportierbaren Grosskomponenten abhängt.

Für die Verkehrserschliessung wird eine reine Strassenerschliessung aus südlicher Richtung bevorzugt. Ausgehend von einem temporären Vollanschluss an die A1 in unmittelbarer Nähe des externen Logistikplatzes soll eine Strassenerschliessung des Baufelds neu erstellt werden. Eine Strassenerschliessung ist allein schon aufgrund der nicht mit der Bahn transportierbaren Grosskomponenten unumgänglich, ebenso für Rettungsdienst und Feuerwehr. Als Option besteht die Möglichkeit eines temporären Bahnanschlusses mit Umschlagplatz in Riedbach etwa 5 km südöstlich des Baufelds.

Mit der vorgesehenen Erschliessung wird insbesondere auch sichergestellt, dass die Erschliessung des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg in keinem Fall behindert wird. Dies gilt insbesondere auch für radioaktive Transporte.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 49 Abs. 5 KEG legt fest, dass zur projektierten Kernanlage auch die mit dem Bau und Betrieb zusammenhängenden Erschliessungsanlagen und Installationsplätze gehören. Absatz 2 desselben Artikels hält fest, dass mit der Baubewilligung von Kernanlagen sämtliche nach Bundesrecht notwendigen Bewilligungen erteilt werden. Absatz 3 bestimmt, dass kantonale Bewilligungen und Pläne nicht erforderlich sind. Das kantonale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt. Diese Bestimmungen gelten für das Baubewilligungsverfahren. Die diesbezüglichen Anforderungen nach KEG sind in der Botschaft zum KEG [9] weiter erläutert.

Beurteilung des ENSI

Gemäss KEG sind die Aspekte der erforderlichen Erschliessungsanlagen, Installationsplätze und Standorte für die Verwertung und Ablagerung von Ausbruch-, Aushub- oder Abbruchmaterial, die in direktem Zusammenhang mit dem Bau und dem Betrieb der projektierten Kernanlage stehen, im Rahmenbewilligungsverfahren noch nicht zu beurteilen; sie sind jedoch für das Baubewilligungsverfahren relevant. Nach Art. 49 Abs. 5 KEG und Botschaft zum KEG [9] werden alle diese Anlagen, Plätze und Standorte in die Baubewilligung für die zu bauende Kernanlage integriert. Dabei werden mit der Baubewilligung sämtliche nach Bundesrecht notwendigen Bewilligungen erteilt, kantonale Bewilligungen sind nicht erforderlich. Diese Bestimmungen in Art. 49 KEG erfordern eine zentrale Koordination des Bewilligungsverfahrens. Das Verfahren soll in

der Weise konzentriert werden, dass die Einhaltung der verschiedenen anwendbaren bundes- und kantonrechtlichen Vorschriften durch eine einzige Behörde erstinstanzlich beurteilt wird. Alle durch das eidgenössische und das kantonale Recht vorgesehenen Genehmigungen werden in einem Gesamtentscheid erteilt. Die Konzentration der Entscheidverfahren soll bei jener Behörde erfolgen, die für die Durchführung des Hauptverfahrens verantwortlich ist; sie wird als Leitbehörde bezeichnet. Als Leitbehörde ist gemäss KEG das UVEK vorgesehen, wobei das BFE die Verfahren materiell bearbeiten wird [9]. Im Baubewilligungsverfahren wird das ENSI das BFE bei der Anhörung der betroffenen kantonalen Stellen unterstützen.

Unter den Gesichtspunkten der nuklearen Sicherheit und Sicherung ist nur die mögliche Interaktion der Logistik und Baustelleneinrichtung mit dem bestehenden Kernkraftwerk Mühleberg zu beurteilen. Aspekte der Raumplanung und des Umweltschutzes werden nicht durch das ENSI bewertet.

Mit der vorgesehenen neuen Erschliessungsstrasse wird sichergestellt, dass der Baustellenverkehr im Zusammenhang mit dem Bau des EKKM die Zufahrt externer Interventionskräfte zum bestehenden Kernkraftwerk Mühleberg nicht tangiert. Ebenso werden die für den normalen Betrieb erforderlichen Fahrten nicht beeinträchtigt.

Die vorgesehene temporäre Brücke über die Aare befindet sich flussaufwärts des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg. Ihre Durchflusskapazität ist daher so auszulegen, dass sie beim für das KKM massgeblichen Auslegungshochwasser dessen sicheren Betrieb nicht gefährdet.

Die für den Bau des EKKM zu verwendenden Materialien und die Bauarbeiten stellen bezüglich Einwirkung von aussen für das bestehende Kernkraftwerk Mühleberg kein relevantes Zusatzrisiko dar. Die für den Bau des EKKM benötigten Werkstoffe sind grossmehrheitlich unbrennbar. Das von den Betriebsstoffen ausgehende Risiko ist begrenzt. Durch den externen Logistikplatz 1,5 km südlich der Baustelle besteht die Möglichkeit, allfällig notwendige Betriebsstofflager (beispielsweise Treibstoffe für Baumaschinen) in sicherer Distanz zu errichten.

4.1.4 Meteorologie

Angaben des Gesuchstellers

Phänomene, Daten und Vorgehen bei der Auswertung

In Kapitel 3.3 des Sicherheitsberichts beschreibt der Gesuchsteller die Meteorologie für den Standort EKKM. Er behandelt dabei die folgenden meteorologischen Phänomene:

- Wind (Wind/Sturm/Böen/Tornados)
- Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit inkl. Vereisung aus der Luft
- Niederschlag (Regen/Schnee/Hagel)
- Blitze

Zudem analysiert er die von der MeteoSchweiz bereitgestellten und qualitätsgesicherten klimatologischen und meteorologischen Daten der folgenden Messstationen:

- Meteomast Mühleberg (steht praktisch am Standort EKKM)
- Richtstrahlmast Stockeren (steht rund 2 km südlich des Standorts EKKM auf einer Anhöhe)
- Wynau BE
- Bern-Liebefeld

Durch Auswertung dieser Daten leitet der Gesuchsteller die klimatologischen Parameter ab, die den Standort charakterisieren. Diese Auswertung verwendet er weiter für die Beschreibung der meteorologischen Ereignisse, die zu Störfällen führen können (siehe Kapitel 4.2.5) oder die für die Auslegung von Bauten und Komponenten relevant sind. Das Gefährdungspotenzial aus meteorologischen Phänomenen und die Folgerungen daraus behandelt der Gesuchsteller in Kapitel 3.6.2 des Sicherheitsberichts.

Der Gesuchsteller gibt im Sicherheitsbericht in der Tabelle 3.3-1 einen Überblick über die verwendeten Messparameter der oben erwähnten Messstationen. Die meisten Datenreihen beginnen in den 1980er-Jahren und stehen im 10-Minuten- bzw. Stundenintervall zur Verfügung. Die Datenreihen wurden in der Regel bis Ende 2007 analysiert.

Zusätzlich zu diesen eher kurzen Datenreihen verwendet der Gesuchsteller auch die langjährigen Datenreihen des Standorts Bern-Liebefeld von 1864 bis 2006 für die Lufttemperatur und den Niederschlag sowie diejenige für den Schnee von 1931 bis 2006. Diese längeren Datenreihen weisen eine Auflösung von einem Tag auf. Die vom Gesuchsteller verwendeten Daten zur Blitzdichte (2000 bis 2007) in der Schweiz stammen von Météorage, diejenigen zum Hagel von der Schweizerischen Hagel-Versicherungs-Gesellschaft und diejenigen zu Tornadoereignissen von diversen Webseiten und aus der Studie von Dotzek [27].

Die Auswertung der Datenreihen erfolgt statistisch für eine grosse Zahl von klimatologischen Parametern und für die einzelnen Messstationen. Zur Bestimmung der mehrjährigen Ereignisse (50-jährlich, 100-jährlich, 200-jährlich, 1 000-jährlich und 10 000-jährlich) verwendet der Gesuchsteller die generalisierte Extremwertverteilung GEV (Generalized Extreme Value Distribution) mit der Blockmax-Methode. Als Blockgrösse wählt er für die langen Datenreihen ein Jahr und für die kurzen Datenreihen ab 1980 einen Monat.

Folgerungen aus den untersuchten Phänomenen

Die Folgerungen des Gesuchstellers aus den Auswertungen der Datenreihen und der Extremwertanalyse für die verschiedenen meteorologischen Phänomene sind für den Standort EKKM nachfolgend zusammengefasst:

- **Wind:** Neben den Untersuchungen zum extremen Wind (Sturm/Sturmböe) und zum Tornado (siehe Kapitel 4.2.5 des vorliegenden Gutachtens) analysiert der Gesuchsteller die Windrichtung in Kombination mit der Windgeschwindigkeit und zeigt dies in Form der Windrosen auf. Sie werden bei der Beschreibung von Ausbreitungsverhältnissen angewen-

det. Die Windrosen des Meteomasts Mühleberg sind geprägt durch das umliegende Gelände (siehe Abbildungen 3.3-5 und 3.3-6 des Sicherheitsberichts). Bedingt durch die Topografie zeigt sich eine Kanalisierung des Windes in West- und Ostwinde entlang des Aaretals. Auf dem Richtstrahlmast Stockeren auf der Anhöhe zeigt sich eine Windrichtungsverteilung mit Südwest-Nordost-Charakteristik. Die Topografie vermag demnach das Windfeld vom Stockerenmast bis zur Talsohle beim Meteomast Mühleberg um 45° zu drehen. Weiter führt die Tallage auf 10 m über Boden am Meteomast Mühleberg im Vergleich zum Richtstrahlmast Stockeren und zur Messstelle auf 110 m über Boden am Meteomast auch zu einem mehrfach höheren Anteil an Windstille.

- **Lufttemperatur:** Die Temperaturen am Standort EKKM weisen keine aussergewöhnlichen Schwankungen auf. Das EKKM wird für hohe Sommertemperaturen und tiefe Wintertemperaturen ausgelegt.
- **Luftfeuchtigkeit inkl. Vereisung:** Betreffend Luftfeuchtigkeit und Vereisungspotenzial kann der Standort EKKM mit dem Messstandort Wynau BE verglichen werden, da beide Standorte an der Aare liegen und die relative Luftfeuchtigkeit durch die lokalen Verdunstungsmöglichkeiten beeinflusst wird. Die Bedingungen für Vereisung (Temperatur zwischen -5 und 0 °C und relative Feuchte > 90 %) werden am Messstandort Wynau in den Monaten Oktober bis April erreicht. Insgesamt stellt die Vereisung gemäss den Angaben der EKKM AG in Kapitel 3.6.2.5 des Sicherheitsberichts keine Anlagegefährdung dar. Die Einzelheiten der konstruktiven bzw. technischen Massnahmen zur Verhinderung von Vereisung werden später im Gesuch zur Baubewilligung beschrieben.
- **Niederschlag:** Der Gesuchsteller führt eine Extremwertanalyse für den 1-Stunden- und 1-Tages-Niederschlag durch, wobei die Ergebnisse für die 1 000- und 10 000-jährlichen Niederschlagssummen beim 1-Stunden-Niederschlag nicht angegeben werden, da diese die Extremwerte des 1-Tages-Niederschlags weit übersteigen und deren Berücksichtigung zu unrealistischen Ergebnissen führen würden. Für eine Analyse von Starkniederschlägen werden die Extremwerte des 1-Tages-Niederschlags als realistischer eingestuft als diejenigen des 1-Stunden-Niederschlags. Aufgrund der grossen Ähnlichkeit der Niederschlagsregime an den Messstationen Bern und Meteomast Mühleberg werden auch die langen Niederschlagsdatenreihen von Bern extremwertstatistisch ausgewertet. Der Gesuchsteller hält fest, dass Ansammlungen von Wasser auf dem Areal und/oder auf den Dächern der Gebäude durch die zukünftige Anlagekonzeption des EKKM ohne Weiteres verhindert werden können. Dächer mit hoher Belastbarkeit sowie redundante und gegen Verstopfung ausgelegte Abfluss- und Drainagekanäle entsprechen dem heutigen Stand der Anlageauslegung. Langandauernder Niederschlag kann aber zu Hochwasser und Überflutung führen (siehe Kapitel 4.2.3 des vorliegenden Gutachtens).
- **Schneemengen:** Der Gesuchsteller analysiert die höchste aufgetretene Gesamtschneehöhe pro Jahr anhand der Messstation Bern, da diese über eine lange Datenreihe (1931 bis 2006) verfügt. Er hält fest, dass es durch Schnee resp. Schneeverwehungen zu hohen Belastungen der Gebäude kommen kann. Die erwartete Belastung durch Schnee von 149 cm

bzw. 4,5 kN/m² für ein 10 000-jährliches Ereignis wird bei der Auslegung der Anlage berücksichtigt.

- **Hagel:** Der Gesuchsteller hält fest, dass das Hagelrisiko gemäss der Hagelgefährdungskarte der Schweizerischen Hagelversicherungs-Gesellschaft für die Umgebung von Mühleberg als leicht erhöht eingestuft wird. Durchschnittlich treten Hagelereignisse in der Region Mühleberg alle ein bis drei Jahre auf. Der Gesuchsteller erläutert, dass andere Projektile als Hagelkörner mehr Schädigungspotenzial aufweisen und die Gefahr durch Hagelkörner deshalb vernachlässigt werden könne. Der Nachweis wird für alle relevanten Gebäude im Rahmen des Gesuchs zur Baubewilligung erbracht werden. Durch die entsprechende Auslegung der Anlage kann eine Gefährdung durch Hagel ausgeschlossen werden.
- **Blitze:** Die Blitzaktivität in der Schweiz ist stark saisonal geprägt. Die Blitzsaison dauert ein halbes Jahr, von Mitte April bis Mitte Oktober. In den Wintermonaten ist die Aktivität annähernd Null. Der Gesuchsteller analysiert die Blitzdichte in der Schweiz und im Raum Mühleberg und zeigt auf, dass die Region Mühleberg rund 1,5 Blitze pro Jahr und km² aufweist. Umgerechnet auf die Fläche des Standorts EKKM ergibt dies eine Blitzdichte von 0,15 pro Jahr, sodass rund alle 6 Jahre mit einem Blitzeinschlag zu rechnen ist (siehe auch Kapitel 4.2.6.1 des vorliegenden Gutachtens).

Ausbreitungsstatistik

Mit den Messdaten der Station Mühleberg 1989 bis 2007 zu Temperatur, Wind (Stärke und Richtung) und Niederschlag führt der Gesuchsteller eine 4-parametrische Ausbreitungsstatistik nach KTA 1508 [28] durch. Dabei kategorisiert er die meteorologischen Bedingungen am Standort, gekennzeichnet durch den vertikalen Lufttemperaturgradienten und die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe mit Blockgrösse eine Stunde, in die Ausbreitungskategorien A bis F, auch Diffusionskategorien genannt. Bei den Ausbreitungskategorien bedeutet A sehr instabil, B instabil, C und D neutral, E stabil und F sehr stabil. Die Statistik für den Standort Mühleberg zeigt, dass die neutrale Kategorie D mit mehr als einem Drittel der Zeit überwiegt. Dies ist auch in der Aufteilung für jeden Monat der Fall. Nur in den Nachtstunden von Frühling bis Herbst überwiegen die Kategorien E und F.

Einfluss aus Klimaänderung

Der Gesuchsteller wertet die folgende Quelle betreffend der vergangenen Klimaänderung für die Phänomene Lufttemperatur und Niederschlag (Messstationen Bern und Basel) aus: «Homogeneous Temperature and Precipitation Series of Switzerland from 1864 to 2000» [29]. Dabei gelangt er zum Schluss, dass der Anstieg der mittleren Temperatur insbesondere am Ende des 20. Jahrhunderts markant war. Bei den jährlichen Niederschlagsmengen lassen sich bis jetzt noch keine Trends abschätzen.

Schlüsse betreffend der zukünftigen Klimaänderung im 21. Jahrhundert zieht der Gesuchsteller unter anderem aus dem OcCC-Bericht «Klimaänderung und die Schweiz 2050» [30]. Die globalen Klimamodelle lassen vermuten, dass die mittlere Temperatur von 1990 bis 2100 global um ca. 3,0°C steigen wird. Für die Schweiz werden trockenere Sommer und nassere Winter vorhergesagt. Bis 2070 zeigen die Modellläufe im Mittel für den Sommer eine Zunahme von ca. 3,8°C

und im Winter eine Zunahme von ca. 2,6°C. Durch die Verschiebung der Temperaturverteilung zu höheren Temperaturen verschieben sich auch die Wiederkehrwerte der 50- und 100-jährlichen Ereignisse. Bei den Niederschlagsmengen wird eine Zunahme von mehr als 10 % im Winter und eine Abnahme grösser als 20 % im Sommer erwartet. Durch die steigende Temperatur wird auch eine Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen erwartet. Mit der Erwärmung wird auch die Schneefallgrenze steigen und die Häufigkeit von Schnee im Mittelland abnehmen. Zudem wird gefallener Schnee weniger lange liegen bleiben.

Der Einfluss der Klimaänderung auf die Auftretenshäufigkeit von extremen Winden und Tornados wird in Kapitel 4.2.5 des vorliegenden Gutachtens behandelt, derjenige auf Hochwasser- oder Niedrigwasserereignisse in Kapitel 4.2.3 bzw. 4.1.5.1.

Zusammenfassung

Abschliessend bewertet der Gesuchsteller unter anderem in Kapitel 3.3.13 des Sicherheitsberichts die meteorologischen Verhältnisse am Standort wie folgt: Die meteorologischen Verhältnisse entsprechen dem europäischen atlantischen Klima, d.h. einem warmgemäßigten Regenklima ohne aussergewöhnliche Temperaturschwankungen. Das Windprofil ist durch die Tallage des Standorts hauptsächlich West-Ost geprägt, die Extremwerte liegen innerhalb der für die Auslegung von nuklearen Anlagen üblichen Bedingungen. Weiter hält der Gesuchsteller fest, dass das Klima für den Bau und Betrieb einer Kernanlage generell geeignet ist.

Der Gesuchsteller erläutert zudem in Kapitel 3.6 des Sicherheitsberichts das Gefährdungspotenzial aus externen auslösenden Ereignissen, wobei diese Untersuchungen auf Stufe Rahmenbewilligungsgesuch mehr qualitativer als quantitativer Art sind. Eine detaillierte quantitative Analyse der externen Ereignisse wird zusammen mit der Analyse der anlageinternen Ereignisse im Rahmen des Gesuchs zur Bau- respektive Betriebsbewilligung durchgeführt. Abschliessend hält der Gesuchsteller in Kapitel 3.6.6 des Sicherheitsberichts allgemein fest, dass die möglichen Auswirkungen von externen Ereignissen, welche die meteorologischen Einwirkungen einschliessen, bei der Auslegung des EKKM berücksichtigt werden.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zur Meteorologie sind die gesetzlichen Bestimmungen von KEG und KEV sowie der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15]. In Art. 5 Abs. 1, 3 und 4 dieser Verordnung ist geregelt, welche Gefährdungen der Gesuchsteller bei Störfällen mit Ursprung ausserhalb der Anlage wie zu behandeln hat.

Die IAEA Safety Requirements bzw. Guides No. NS-R-3 [107], NS-G-3.2 [109] und NS-G-3.4 [112] geben Hinweise zur Behandlung der Meteorologie sowie zum Transport und zur Ausbreitung von radioaktiven Stoffen bei den Abklärungen zur Standorteignung. Eine aktuelle unabhängige Studie zur Analyse der Meteorologie am Standort des KKW Mühleberg liegt von der MeteoSchweiz mit Arbeitsbericht 226 [31] vor. Des Weiteren müssen die meteorologischen Grundlagen derart aufgearbeitet sein, dass sie zur Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, geregelt in der Richtlinie ENSI-G14

[93], verwendet werden können. Die Richtlinie ENSI-G14 verweist in diesem Zusammenhang auf die Deutsche Strahlenschutzverordnung und damit auch auf die KTA 1508 [28], welche die Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre regelt.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI beurteilt die Angaben und Analysen der EKKM AG zur Meteorologie im Sicherheitsbericht als hinreichend für die Beurteilung der Eignung des Standorts EKKM. Die Auswahl, Menge und Qualität der angegebenen und analysierten Daten ist ausreichend. Die Daten sind grösstenteils plausibel und stimmen im Allgemeinen mit denjenigen im Arbeitsbericht 226 der MeteoSchweiz [31] überein. Der Standort zeigt ein typisch mitteleuropäisches Klima ohne spezielle Klimaextreme.

Bei der Überprüfung der im Sicherheitsbericht dargelegten monatlich höchsten 1-Stunden-Niederschläge hat das ENSI im Vergleich zum MeteoSchweiz-Bericht 226 [31], der vom ENSI als Referenzbericht verwendet wurde, Unterschiede festgestellt. Die in Tabelle 3.3-22 im Sicherheitsbericht aufgelisteten monatlich höchsten 1-Stunden-Niederschläge für die Messstation Mühleberg weichen von denjenigen aus dem MeteoSchweiz-Bericht 226 ab. Des Weiteren wurden auch bei den monatlichen maximalen Windböen-Werten Unterschiede festgestellt; siehe dazu den unten stehenden Hinweis sowie die Ausführungen des ENSI in Kapitel 4.2.5 des Gutachtens.

Der Gesuchsteller untersucht und dokumentiert alle für die Standorteignung relevanten meteorologischen Phänomene. Die durchgeführten statistischen Auswertungen und Extremwertanalysen unter Verwendung der generalisierten Extremwertverteilung (GEV) sind grösstenteils nachvollziehbar und zielgerichtet. Bei der Überprüfung der im Sicherheitsbericht dokumentierten Extremwertanalysen für den Niederschlag hat das ENSI Unterschiede zu den diesbezüglichen Daten der MeteoSchweiz festgestellt. Die Abweichungen betreffen die in Kapitel 3.3.7 des Sicherheitsberichts festgehaltenen Extremwertverteilungen und zugehörigen Erwartungswerte für verschiedene Wiederkehrperioden für den 1-Stunden-Niederschlag der Messstation Mühleberg und für den 1-Tages-Niederschlag der Messstation Wynau BE sowie die vom Gesuchsteller berechnete Extremwertverteilung und zugehörige Erwartungswerte für verschiedene Wiederkehrperioden für die Böenspitzen der Messstation Mühleberg; siehe dazu den unten stehenden Hinweis sowie die Ausführungen des ENSI in Kapitel 4.2.5 des Gutachtens. Die vom ENSI festgestellten Unterschiede der Daten des Gesuchstellers zu den Daten der MeteoSchweiz im Arbeitsbericht 226, die aus einer Anwendung unterschiedlicher Methoden bei der Auswertung resultieren, haben nach Auffassung des ENSI insgesamt jedoch keinen Einfluss auf die grundsätzlich positive Beurteilung der Standorteignung hinsichtlich der meteorologischen Bedingungen.

Hinweis 2:

Im Rahmen der Überarbeitung und Ergänzung des Sicherheitsberichts für das Baubewilligungsgesuch und bei der Festlegung der massgebenden Auslegungsparameter des EKKM hat die EKKM AG folgende Punkte zu berücksichtigen:

- a) *Die monatlich höchsten 1-Stunden-Niederschläge aus der Tabelle 3.3-22 des Sicherheitsberichts und die berechnete Extremwertverteilung für den 1-Stunden-Niederschlag für die Messstation Mühleberg sind zu überprüfen. Gegebenenfalls sind die Parameter der GEV-*

Verteilung (Tabelle 3.3-27) sowie die Erwartungswerte und die Werte des Konfidenzintervalls für die verschiedenen Wiederkehrperioden (Tabelle 3.3-28) neu zu ermitteln.

b) Die berechnete Extremwertverteilung für den 1-Tages-Niederschlag der Messstation Wynau BE ist zu überprüfen. Gegebenenfalls sind die Parameter der GEV-Verteilung (Tabelle 3.3-29) sowie die Erwartungswerte und die Werte des Konfidenzintervalls für die verschiedenen Wiederkehrperioden (Tabelle 3.3-30) neu zu ermitteln.

Der Gesuchsteller hat die meteorologischen Daten grösstenteils derart aufgearbeitet, dass sie als geeignete Grundlage für die Definition der Auslegungsparameter und für die Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) im Rahmen des Bau- und Betriebsbewilligungsverfahrens dienen können. Die explizite Festlegung der Auslegungsparameter wird vom ENSI erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens geprüft.

Als Grundlage für die Analyse der Ausbreitung und Ablagerung radioaktiver Stoffe aufgrund von Emissionen dokumentiert der Gesuchsteller eine 4-parametrische Ausbreitungsstatistik, wie sie in der Richtlinie ENSI-G 14 [93] implizit verlangt wird.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass die Eignung des Standorts EKKM bezüglich der Meteorologie gegeben ist und auch unter Berücksichtigung der künftigen Änderungen der meteorologischen Bedingungen vom ENSI nicht in Frage gestellt wird. Bei der Festlegung der massgebenden Auslegungsparameter im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens wird den möglichen Änderungen und allen weiteren Unsicherheiten in den Annahmen aber ausreichend Rechnung zu tragen sein. Nicht berücksichtigt in dieser Beurteilung sind die extremen Winde (Sturm böen) und Tornados; sie sind Gegenstand des Kapitels 4.2.5 des Gutachtens. Bezüglich der Thematik «Blitzschlag» wird auf Kapitel 4.2.6.1 verwiesen.

4.1.5 Hydrologie und Grundwasser

4.1.5.1 Hydrologie

Angaben des Gesuchstellers

Der Standort EKKM liegt im Einflussbereich zweier grosser Gewässer, der Aare und der Saane. Etwa 1,5 km oberhalb der geplanten Anlage staut das Wasserkraftwerk Mühleberg die Aare zum Wohlensee. Die Saane mündet knapp 2 km unterhalb des EKKM in die Aare. 3,5 km flussabwärts dieser Mündung befindet sich das Wasserkraftwerk Niederried.

Hochwasser

Die Ausführungen des Gesuchstellers zu den Themen Hochwasser und Überflutung werden in Kapitel 4.2.3 «Externe Überflutung» des Gutachtens detailliert dargestellt.

Niedrigwasser

Die EKKM AG behandelt das Thema Niedrigwasser in Kapitel 3.4.4.1 des Sicherheitsberichts. Dabei werden zwei Aspekte betrachtet: die minimale Wasserführung (Durchflussmenge) und der Pegelstand der Aare.

Für die Beurteilung der minimalen Wasserführung werden die Messwerte der Messstation Bern-Schönau verwendet. Die Messperiode vor 1930 ist für die heutige Situation nicht aussagekräftig, da die Gefährdung des Standorts durch Niedrigwasser in der Aare mit dem Bau der grossen Stauseen im Einzugsgebiet reduziert wurde. Die Minimalwerte ab 1930 lagen im Bereich von $30 \text{ m}^3/\text{s}$ und traten durchwegs im Winterhalbjahr (Oktober bis März) auf.

Entscheidend für den Pegelstand am Standort EKKM ist das flussabwärts liegende Kraftwerk Niederried. In den Monaten Oktober bis April wird dessen Staupegel auf dem in der Konzession festgelegten Höchstpegel gehalten, im Sommer darf ein etwas niedrigerer Wert nicht überschritten werden. Auch beim niedrigsten am Wasserkraftwerk Mühleberg gemessenen Abflusswert der letzten zehn Jahre war dessen Unterwasserpegel und damit auch der Pegel am Standort EKKM durch die Staukote des Kraftwerks Niederried bestimmt.

Witterungsbedingt sind laut Gesuchsteller Abflüsse unter $30 \text{ m}^3/\text{s}$ am Standort EKKM sehr selten. Denkbar sind jedoch zwei witterungsunabhängige Szenarien, die zu niedrigeren Abflüssen führen können, nämlich:

- Verlust der Stauhaltung Niederried und gleichzeitiger Unterbruch der Wasserführung der Aare am Wehr Mühleberg. Allein aufgrund des Verlusts des Wehres in Niederried würde im Winter resp. in Zeiten niedriger Zuflüsse die Möglichkeit bestehen, dass der Pegel weiter fällt. Ein vollständiges Trockenfallen der Aare bis auf die Flusssohle wird allerdings von Kiesbänken im Mündungsbereich der Saane verhindert. Diese sorgen somit für einen minimalen Wasserstand im Bereich des EKKM, der nicht unterschritten werden kann. Die Wahrscheinlichkeit einer vollständigen Unterbrechung der Aare flussaufwärts ist laut Gesuchsteller gering, da das Wasserkraftwerk Mühleberg mit genügend redundanten Systemen ausgestattet ist, um eine kontinuierliche Wasserführung zu gewährleisten.
- Mögliche Revisionsarbeiten an den Stauhaltungen im Gebiet der Kraftwerke Oberhasli (KWO) sowie eine Entleerung des Oberaarsees und des Grimselsees vor dem Winter. In diesem Fall sind extreme Niedrigwasserlagen im Bereich von $20 \text{ m}^3/\text{s}$ denkbar. Dieses Szenario ist laut Gesuchsteller wenig wahrscheinlich, da im Gebiet der KWO nicht alle Stauhaltungen und Zentralen gleichzeitig revidiert werden.

Der Gesuchsteller kommt daher zum Schluss, dass für das EKKM auch unter zu erwartenden extremen Niedrigwasserbedingungen immer eine ausreichende Kühlwassermenge vorhanden ist, da für den Betrieb des EKKM bei Hauptkühlung mittels Hybridkühlturm und Durchlaufkühlung für das Nebenkühlwasser eine Wassermenge von maximal $4,3 \text{ m}^3/\text{s}$ benötigt wird. Bezüglich eines Parallelbetriebs von EKKM und KKM führt der Gesuchsteller in Kapitel 2.4.7 aus, dass auch für das KKM mit einem Kühlwasserbedarf von maximal $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ immer ausreichend Kühlwasser bei Niedrigwasserbedingungen vorhanden ist.

Einfluss aus Klimaänderung

Der Gesuchsteller geht in verschiedenen Kapiteln des Sicherheitsberichts auf die Thematik Klima ein. Bezüglich Klimaprognosen für das 21. Jahrhundert gibt er basierend auf globalen Klimamodellen (siehe z.B. die Referenzen [30] und [32]) an, dass die mittlere Temperatur von 1990

bis 2100 global um ca. 3,0°C steigen wird. Hieraus resultieren für die Region Schweiz folgende Änderungen:

- trockenere Sommer und nassere Winter,
- Zunahme der Niederschlagsmenge von mehr als 10 % im Winter,
- Abnahme der Niederschlagsmenge grösser als 20 % im Sommer,
- Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen,
- Anstieg der Schneefallgrenze und Abnahme der Häufigkeit von Schnee im Mittelland,
- früheres Einsetzen der Schneeschmelze, woraus eine Verschiebung des Abflussmaximums vom Sommer ins Frühjahr resultiert,
- längere Dürreperioden im Sommer und somit verminderter Abfluss im Sommer und Herbst,
- Häufung von Extremniederschlägen im Winter, insbesondere bei kleinen bis mittleren Einzugsgebieten.

Für die Aare erwartet der Gesuchsteller anhand dieser Prognosen keine Verschärfung von extremen Niedrigwasserereignissen, da für die jeweiligen Ereignisse aus heutiger Sicht eine gegenläufige saisonale Tendenz zum bisherigen Muster vorausgesagt wird.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zur Hydrologie sind die gesetzlichen Bestimmungen der KEV und der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15].

Des Weiteren gibt der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 [113], der zurzeit als Draft vorliegt, in den Kapiteln 2, 8 und 14 Hinweise zur Behandlung der Hydrologie für die Abklärungen zur Standorteignung.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI beurteilt die Ausführungen des Gesuchstellers zur Hydrologie für den Standort EKKM als grösstenteils nachvollziehbar. Die Betrachtungen sind grundsätzlich ausreichend für die Beurteilung der diesbezüglichen Eignung des Standorts.

Hochwasser

Der Gesuchsteller hat in Kapitel 3.4 des Sicherheitsberichts hydrologische Ereignisse untersucht, die zu Hochwasser und Überflutungen führen können. Zu diesem Zweck wurden Abflüsse und resultierende Pegel ermittelt, wobei auch Staumauerbrüche untersucht wurden. Die detaillierte Beurteilung der Angaben der EKKM AG zu Hochwasserabflüssen und zur Überflutungsgefährdung findet sich in Kapitel 4.2.3 des Gutachtens.

Niedrigwasser

Der Gesuchsteller stellt verschiedene Szenarien dar, wie es zu extremen Niedrigwasserereignissen am Standort kommen kann. Gleichzeitig gibt er an, dass selbst unter den zu erwartenden extremen Niedrigwasserbedingungen immer eine ausreichende Kühlwassermenge (es werden maximal 4,3 m³/s benötigt) für das EKKM und das KKM vorhanden ist.

Die Messungen seit Errichtung der Stauseen am Grimsel zeigen, dass die minimalen Abflussmengen der Aare im Bereich von 30 m³/s liegen. Der Einfluss des Grundwassers auf die Abflussmengen der Aare ist gering. Hingegen kann durch Ablassen von Wasser aus dem Wohlensee die Abflussmenge erhöht werden. Durch Anpassung der im Kraftwerk Niederried turbinieren Wassermenge an die Summe der aus dem Wohlensee und aus der Saane anfallenden Wassermenge kann zudem die Staukote und damit der Pegelstand am Standort EKKM gehalten werden. Im Extremfall der fehlenden Stauhaltung Niederried, kombiniert mit einem fehlenden Zufluss aus dem Wohlensee, würden die Kiesbänke im Bereich der Saanemündung ein Austrocknen der Aare im Bereich des EKKM verhindern. In einem anderen Extremfall, einem temporär entfallenden Wasserabfluss aus dem Wohlensee mit gleichzeitigem Austrocknen des Saane, könnte die Aare zwischen dem Stauwehr Niederried und dem Wohlensee durch Stoppen des Abflusses durch das Kraftwerk Niederried vorübergehend in ein stehendes Gewässer umgewandelt werden, das als Wasservorrat für das EKKM dienen könnte.

Im theoretisch denkbaren Fall eines weitgehenden Versiegens des Zuflusses der Aare in den Brienzersee infolge eines Abflusstoppes der Kraftwerke Oberhasli führt ein Abflussüberschuss von 30 m³/s zu einem Absinken des Wasserstands von Thuner- und Brienzersee, die eine Gesamtfläche von 78 km² aufweisen, um 3 bis 4 cm pro Tag. Da der Abfluss des Thunersees reguliert wird, könnte so eine Wasserführung der Aare von 30 m³/s für längere Zeit sichergestellt werden.

Das ENSI stimmt den Betrachtungen des Gesuchstellers und den daraus gezogenen Schlussfolgerungen bezüglich permanenter Verfügbarkeit der erforderlichen Kühlwassermenge sowohl für das EKKM als auch für das KKM zu. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der künftigen Klimaentwicklung. Das ENSI erachtet die Eignung des Standorts EKKM im Hinblick auf die Kühlwasserversorgung als gegeben.

4.1.5.2 Grundwasser

Angaben des Gesuchstellers

Generelle Situation

Die hydrogeologischen Verhältnisse am Standort EKKM werden in Kapitel 3.5.1.4 des Sicherheitsberichts dargelegt. Die diesbezüglich relevante lokale Geologie wird nachfolgend kurz beschrieben.

Die Abfolge der quartären Ablagerungen im Raum Mühleberg kann vereinfachend folgendermassen dargestellt werden: Der Felsuntergrund wird durch die Untere Süsswassermolasse gebildet. Die direkt dem Fels aufliegenden Altmoränenablagerungen (Grundwasserstauer) sind im Normalfall von Rinnenschottern überlagert. Die Rinnenschotter werden als Rückzugsschotter der vorletzten Eiszeit interpretiert und bilden bei Mühleberg die «Terrassenschotter» des Aaretals (lokaler Grundwasserträger). Bereichsweise liegen über den Rinnenschottern lokal bis zu 10 m mächtige Grund- und Obermoränenablagerungen (Grundwasserstauer).

Das Grundwasser fliesst in Richtung Nordwesten mit einem mittleren Gefälle von ca. 2 bis 3 % und exfiltriert in die Aare. Die Speisung des Grundwassers erfolgt somit hauptsächlich durch Hangwasserzuflüsse sowie durch die direkte Versickerung von Meteorwasser. Damit bildet die Aare für das Grundwasser den Vorfluter. Lediglich bei einem raschen Pegelanstieg der Aare kann im Uferbereich kurzzeitig Flusswasser in den Lockergesteinsgrundwasserleiter infiltrieren.

Im Wesentlichen handelt es sich um einen Grundwasserleiter mit freiem Wasserspiegel. Lokal liegen der Gehängelehm resp. die jungen Anschwemmungen der Aare wie ein abdichtender Deckel über diesen wasserführenden Schichten. Bei einigen Bohrungen stieg das Grundwasser nach dem Anbohren etwas an, es herrschen örtlich somit leicht gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Die Messungen in den fertig versetzten Piezometern weisen Abstiche von ca. 0,3 bis 9,3 m ab Oberkante Terrain auf.

Die mittlere Grundwassermächtigkeit der Lockergesteine beträgt im Untersuchungsperimeter ca. 4 m bzw. variiert von 0 bis 6 m. Auch die Durchlässigkeitsverhältnisse zeigen, dass die Feldergiebigkeit des Lockergesteinsgrundwasserleiters eingeschränkt ist (gut durchlässige grobkörnige Rinnenschotter weisen beschränkte laterale Ausdehnungen auf).

Geplante Grundwassernutzung am Standort

Gemäss Kapitel 2.4.4 des Sicherheitsberichts bildet die Grundwassernutzung mittels Brunnen eine Option für die längerfristige Notkühlung (>72 h) nach einem Kühlmittelverluststörfall. In den 72 h erfolgt die Notkühlung mittels der auslegungsgemäss vorgesehenen Kühlmittelreserven in der Anlage. Eine auf Bohrlochmessungen (2008) basierende Schätzung des Gesuchstellers geht von einer Ergiebigkeit von ca. 500 l/min aus. Je nach gewählter Reaktortechnologie reicht eine Entnahmemenge von 500 l/min für die Abfuhr von 20 bis 100 % der 72 Stunden nach Störfallbeginn anfallenden Nachwärmeleistung (in den ersten 72 Stunden wird gemäss Angabe der EKKM AG keine alternative Kühlwasserversorgung benötigt). Für den Bohrungsstandort RB11/P/08 wird in Tabelle 3.5-3 eine theoretische Ergiebigkeit von 600 l/min bei der maximal zulässigen Absenkung des Grundwasserspiegels um ein Drittel der Mächtigkeit des Grundwasserleiters berechnet. Zur Position des oder der Entnahmebrunnen werden jedoch keine Angaben gemacht. Im Weiteren hält die EKKM AG fest, dass die effektive Ergiebigkeit nach dem Ausbau des Brunnens durch Stufenpumpversuche ermittelt werden müsse.

Das Projektareal liegt gemäss den Angaben in Kapitel 3.5.2.4.4 des Sicherheitsberichts im Gewässerschutzbereich B (der Bereich B umfasst Gebiete, deren Grundwasservorkommen weniger bedeutend sind). Aus gewässerschutzrechtlicher Sicht handelt es sich nicht um ein für die Nutzung geeignetes Grundwasservorkommen.

Beurteilungsgrundlagen

KEG, KEV und Regelwerk des ENSI nennen keine spezifischen Anforderungen bezüglich Hydrogeologie an einem Kernkraftwerksstandort. Die Beurteilung des ENSI stützt sich weitgehend auf die Dokumente des Gesuchstellers und die zitierten Referenzen ab. Die in den Kapiteln 2.4.4 und 3.5 des Sicherheitsberichts zur Hydrogeologie und zur geplanten Grundwassernutzung gemachten Angaben wurden auf Konsistenz und anhand von Erfahrungswerten auf Plausibilität

überprüft. Wesentliche Angaben der referenzierten Hintergrundberichte [124] und [125] wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Aspekte der Umweltverträglichkeit sind nicht Gegenstand der vorliegenden Beurteilung. Dazu zählen der Grundwasserschutz im Hinblick auf zusätzliche Bauwerke im Grundwasser oder auf den Einsatz wassergefährdender Stoffe während der Bauphase und eine mögliche Beeinträchtigung umliegender Trink- und Brauchwasserfassungen durch eine Grundwasserentnahme.

Beurteilung des ENSI

Die hydrogeologischen Verhältnisse am Standort sind vom Gesuchsteller eher knapp dargestellt und nur mit den referenzierten Hintergrundberichten [124] und [125] sowie mit aufwändigen Nachrechnungen im Detail nachvollziehbar.

Die Quellen für die zitierten Zahlenwerte der hydraulischen Durchlässigkeit und der Mächtigkeit des Grundwasserleiters in Tabelle 3.5-2 werden nicht zitiert. In [124] Beilage 10.1 bis 10.6, finden sich andere Zahlen. Das ENSI hat darum die Zahlen mit den Angaben aus [124] (Bohrprofile der Beilagen 3.1, 3.3, 3.4 und 3.11) nachgerechnet. Die Werte der hydraulischen Durchlässigkeit gelten demnach für die Annahme eines ungespannten Grundwassers und im Falle der Bohrung RB4/P/08 zusätzlich für eine reduzierte wassererfüllte Mächtigkeit durch die Absenkung in der Bohrung. Bei Annahme gespannten Grundwassers, welche durch die überlagernden Deckschichten (Moräne, Gehängelehme, junge Anschwemmungen) für die Bohrungen RB1/P/08, RB3/P/08 und RB4/P/08 realistischer erscheint, wären die entsprechenden hydraulischen Durchlässigkeiten grösser (+10 %, +13 % und +100 %).

Wie der Gesuchsteller aus dem Brunnendurchmesser und den hypothetischen Pumpmengen in Tabelle 3.5-3 auf die Absenkung schliesst, ist für das ENSI anhand der Angaben im Sicherheitsbericht nicht nachvollziehbar. Ohne Angaben zum angenommenen Ausbau der Bohrungen (Lage, Filterstrecke, Filterkies, Filtermaterial, skin-Effekt) kann eine Absenkung als Quotient aus der Pumprate und der Transmissivität abgeschätzt werden, wobei sich kleinere Zahlen als in Tabelle 3.5-3 des Sicherheitsberichts ergeben (1,3 bis 1,9 m).

Ob die angenommenen 500 l/min tatsächlich aus dem Grundwasser gefördert werden können und wie dauerhaft dies möglich ist, wurde nicht nachgewiesen. Da aus der Aare keine Infiltration erwartet wird und die Grundwasserneubildung am Standort über Hangzuflüsse und aus Meteorwasser erfolgt, lässt sich abschätzen, dass trotz möglicherweise ausreichender hydraulischer Durchlässigkeit nicht genügend Grundwasser für eine alternative Notkühlung zur Verfügung stehen wird.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass die Angaben des Gesuchstellers zur alternativen längerfristigen Notkühlung mit Grundwasser nur teilweise nachvollziehbar sind. Ob die erforderlichen Mengen tatsächlich zur Verfügung stehen, ist offen und nach der Beurteilung des ENSI wenig wahrscheinlich. Ein Nachweis der effektiven Ergiebigkeit erst nach dem Ausbau des Brunnens ist unzulässig. Das ENSI formuliert deshalb den folgenden Hinweis:

Hinweis 3:

Falls die EKKM AG die Option einer alternativen längerfristigen Notkühlung mittels Grundwasser weiter verfolgt, sind bereits im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens detaillierte Erkundungen und Nachweise zum Grundwasser vorzulegen. Dazu zählen beispielsweise längere und gestufte Pumpversuche (bisher nur maximal 30 min) und hydrogeologische Modellierungen, um Randeffekte und variierende Mächtigkeiten berücksichtigen zu können. Da die Grundwasserneubildung über Hangzuflüsse und Meteorwasser erfolgt, ist insbesondere auch der Einfluss längerer Trockenperioden auf die Ergiebigkeit des Brunnens abzuklären.

4.1.6 Geologie, Baugrund und Seismik

4.1.6.1 Geologie

Angaben des Gesuchstellers

Geologie der weiteren Umgebung

Der Standort des geplanten Kernkraftwerks liegt im Westschweizer Molassebecken, das im Norden vom Faltenjura und im Süden von den Schuppen der Subalpinen Molasse begrenzt wird. Das Molassebecken entstand im Verlauf der alpinen Gebirgsbildung durch das Abtauchen der europäischen Kontinentalplatte unter das entstehende Gebirge (Subduktion). Das vor dem Gebirge entstehende Becken wurde mit Abtragungsschutt der jungen Alpen gefüllt. Die Sedimentmächtigkeit ist am Alpenrand am grössten und nimmt gegen Norden ab. Die Molasseablagerungen liegen diskordant über den Schichten des Mesozoikums, die an der Basis eine Abfolge aus duktilen Evaporitgesteinen (Anhydrit, Steinsalz) enthalten. Den Sockel bildet das kristalline Grundgebirge mit eingelagerten Permokarbontrögen. Letztere entstanden im Paläozoikum durch transpressive Bewegungen, die stellenweise zur Dehnung des Sockels führten.

Der alpine Zusammenschub bewirkte, dass beginnend vor etwa 13 Millionen Jahren der über den mesozoischen Evaporiten liegende Schichtstapel abgeschert und gegen Nordwesten geschoben wurde (Fernschubtheorie). Am Nordrand des Molassebeckens kam es über Sockelstörungen zu Aufschiebungen und zur Bildung von Überschiebungen und Falten. Es gibt zwei Modellvorstellungen, wie diese Strukturen gebildet wurden:

- Im «thin-skinned»-Modell nimmt man an, dass der Fernschub die über den Evaporiten liegenden Formationen erfasste und gegen Nordwesten schob, während das unterliegende Grundgebirge nicht deformiert wurde.
- Nach dem «thick-skinned»-Modell wurden sowohl die Sediment-Formationen als auch der Grundgebirgssockel deformiert. Eine Abscherung im Deckgebirge findet dabei nur untergeordnet statt.

Die meisten Erdwissenschaftler und auch die Experten des Gesuchstellers bevorzugen das «thin-skinned»-Modell.

Vor 40 Millionen Jahren begann die Einsenkung des Oberrheingrabens zwischen Schwarzwald und Vogesen. Der Rheingraben bildet ein weiteres wichtiges tektonisches Element.

Geodynamisches Modell

Regionale geologisch-tektonische Verhältnisse

Der Standort EKKM liegt im Übergangsbereich zwischen westlichem und zentralem Mittelland. Den Untergrund bilden die im Gebiet Mühleberg rund 2000 m mächtigen Ablagerungen der Molasse. Die Molasse-Formationen wurden zur Tertiärzeit im Zeitraum vor rund 34 bis 10 Millionen Jahren abgelagert: Man unterscheidet zwei marine und zwei festländische Abfolgen. Die unterste Abfolge, die untere Meeresmolasse, kam im Gebiet nicht zur Ablagerung; die ältesten Ablagerungen gehören der Unteren Süßwassermolasse (USM) an. Es handelt sich um sandigsiltige Mergel mit mächtigen Sandsteinlagen. Die höheren Abfolgen der Molasse wurden im westlichen Mittelland infolge späterer Hebung erodiert, sodass am Standort lediglich Ablagerungen der USM auftreten.

Unter den Molasseablagerungen liegt eine Abfolge aus Kalk, Mergel, Ton, Anhydrit und Steinsalz, die während der Jura- und Trias-Perioden gebildet wurde. Diese Abfolge wird von kristallinem Grundgebirge unterlagert, das dem Grundgebirge von Schwarzwald und Vogesen entsprechen dürfte. Lokal sind im paläozoischen Grundgebirge Gräben mit permokarbonischen Sedimenten vorhanden (Permokarbontröge).

Die strukturellen Einheiten des Mittellands entstanden aus einer Streckung während der Sedimentation der Molasseablagerungen und einer späteren kompressiven Überprägung während der Hauptphase der alpinen Gebirgsbildung vor etwa 25 bis 3 Millionen Jahren. Die jüngere geologische Geschichte des Beckens erfolgte im Raum zwischen Alpen, Schwarzwald und Rheingraben. Bei den späten Phasen der alpinen Gebirgsbildung wurde das über den Trias-Evaporiten liegende Deckgebirge vom Grundgebirge abgeschert und nach Nordwesten geschoben. Im südlichen Becken können lokal auch Scherflächen an der Basis der Molasse auftreten. Die Hauptspannungsrichtung im westlichen Molassebecken liegt senkrecht zur alpinen Gebirgsfront etwa in SE-NW-Richtung.

Tektonische Strukturen im Molassebecken

Die tektonischen Strukturen im westlichen Molassebecken wurzeln im Abscherhorizont der Trias-Evaporite. Die Falten und Überschiebungen streichen im Allgemeinen SW-NE und enden zum Teil axial an SSW-NNE-gerichteten lateralen Rampen (z.B. Tschugg- und Hermrigen-Struktur, siehe Abbildung 4.1-1). Wegen ihrer Länge erwähnenswert ist die Fribourg-Struktur bzw. Synklinale, die sich von der subalpinen Molasse südlich Fribourg bis ins Gebiet östlich des Murtensees zieht.

Von besonderem Interesse sind Störungen mit lateralen bzw. horizontalen Verstellungen. Dazu gehören die Fribourg-Struktur und die dextrale, NW-SE-gerichtete La-Lance-Störung. Diese Störungen sind nach den Erkenntnissen der Reflexionsseismik aus mehreren Segmenten geringer Ausdehnung zusammengesetzt. Die bemerkenswertesten strukturellen Elemente des Gebiets sind dabei die Störungen, welche den Ostrand der Fribourg-Struktur bilden.

Fribourg-Struktur und Fribourg-Zone

Der Ausdruck «Fribourg-Zone» geht auf die Studien dreier Erdbebenschwärme zurück, die sich längs einem N-S-verlaufenden Lineament im Gebiet östlich von Fribourg aufzureihen scheinen. Bei der Fribourg-Struktur handelt sich um eine N-S-ausgerichtete Synklinale, deren West- und Ostrand von Flexuren gebildet wird, die lokal auch den Charakter von Antiklinalen annehmen können. Im zentralen Bereich der Fribourg-Struktur (Synklinalkern) sind die Trias-Evaporite ausgedünnt, an den Rändern (Flexuren oder Antiklinalen) hingegen verdickt. Störungen der gleichen Richtung sind die Ursache der beobachteten seismischen Aktivität, welche sich auf den Ostrand der Struktur konzentriert. Die Erdbebenschwärme entlang der N-S-verlaufenden Linie führten zur Annahme, es handle sich um eine grössere Störung mit einer Länge von rund 30 km [33]. Die Herdflächenlösungen deuten auf fast reine sinistrale Blattverschiebungen entlang etwa N-S-orientierten Bruchflächen hin. Die Hypozentren der Erdbeben liegen im Deckgebirge.

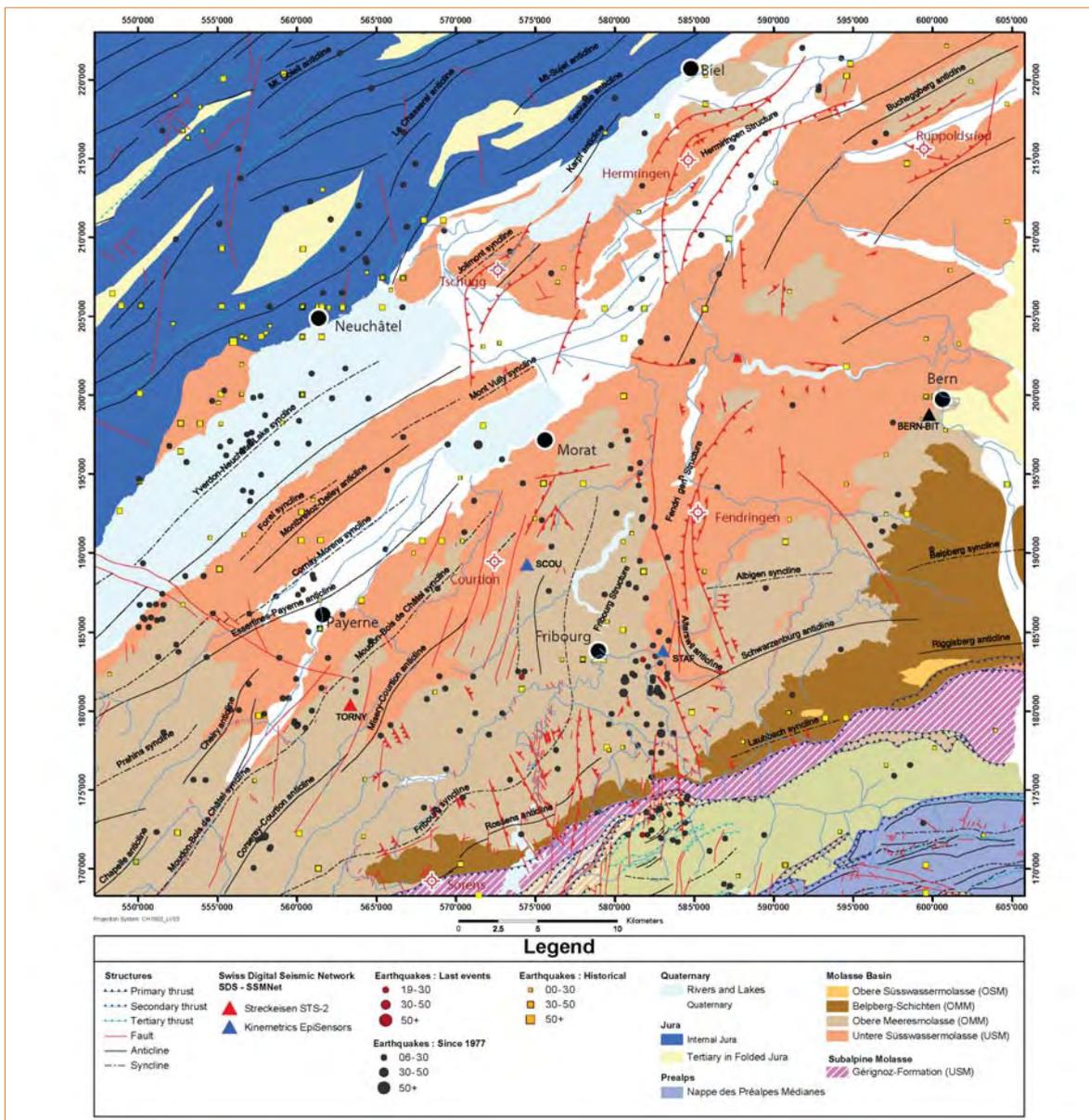


Abbildung 4.1-1: Tektonische Übersichtskarte der Standortregion, kombiniert mit den bekannten Erdbeben (Quelle: SIB EKKM), FS = Fribourg-Struktur, LL = La-Lance-Störung

Der Gesuchsteller hat bestehende, teilweise ältere reflexionsseismische Linien neu ausgewertet. Er schliesst aus den Auswertungen, dass keine kontinuierliche Störung dieses Ausmasses existiert. Nach seiner Interpretation ist die Fribourg-Struktur aus mehreren Störungen geringer Ausdehnung zusammengesetzt.

Im Gebiet östlich des Murtensees geht die Fribourg-Struktur in ein System bruchbedingter, SW-NE-orientierter Faltenstrukturen über. Die mit diesen Falten verknüpften Überschiebungen bilden frontale Rampen, die auf den Strukturkarten deutlich erkennbar sind (z.B. in Abbildung 3.5-39 des Sicherheitsberichts). Diese Rampen drehen auf der Westseite in die N-S-Richtung ab. Die sich zwischen den Rampen abzeichnende Synklinalstruktur hängt nach den Seismikdaten nicht mit der Fribourg-Struktur zusammen, sondern ist eine Interferenz-Struktur der Rampen.

Der Gesuchsteller hält fest, dass sich die im sedimentären Deckgebirge beobachtbaren Bruchstrukturen (Störungen) im sedimentären Deckgebirge nicht ins Grundgebirge fortsetzen. Die tektonischen Bewegungen im Deckgebirge sind vom Grundgebirge entkoppelt. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine grössere Störung im tieferen Untergrund vorliegt, wird als gering eingeschätzt.

Topografie, Rezent- und Neotektonik

Die postglazialen Vorgänge im Gebiet schufen tief eingeschnittene Flusstäler. Die Gletschervorstösse haben dabei vorwiegend parallel zum Juragebirge (SW-NE) verlaufende Strukturen hinterlassen. Mit Hilfe hoch auflösender morphologischer Daten (LIDAR von swisstopo) wurden keine tektonischen Strukturen wie oberflächliche Stufen und Verstaltungen identifiziert, die auf aktive Brüche hindeuten würden. Allerdings spricht der Vergleich der Richtungen von Tälern mit den Orientierungen von Brüchen für einen gewissen Zusammenhang.

Im Gebiet von Mühleberg fanden sich keine Hinweise auf bedeutende neotektonische Strukturen. Die nächstgelegenen neotektonischen Beobachtungen stammen vom La-Lance-Bruch weiter westlich. Dieser stellt eine NW-SE-verlaufende rechtssinnige (dextrale) Störung dar, die sich vom Juragebirge bis ins Gebiet südwestlich von Payerne erstreckt. Auf Seismik-Linien des Untergrunds im Neuenburgersee versetzen zwei Segmente dieser Störung die quartären Ablagerungen.

Aufgrund von GPS- und Nivellement-Messungen kann für das Westschweizer Molassebecken von einer Hebungsrate von maximal 0,25 mm/Jahr ausgegangen werden. Hinweise auf differenzielle Bewegungen, die eine rezente tektonische Aktivität belegen könnten, wurden nicht gefunden.

Tektonisches Modell

Der Gesuchsteller beschreibt ein regionales geodynamisches Modell. Dieses beinhaltet konjugierte, sinistrale und dextrale regionale Transversalstörungen. Die tektonischen Vorgänge in Deckgebirge und Grundgebirge sind voneinander entkoppelt. In der Sedimentdecke haben sich bei SE-NW-gerichteter Kompression beim Jurafernschub grob N-S-streichende, sinistrale Transversalverschiebungen und NW-SE-gerichtete dextrale Störungen entwickelt. Entlang des westlichen Molassebeckens variiert die Richtung dieser Bruchsysteme von NNW-SSE im Gebiet des Standorts EKKM bis nach E-W im westlichsten Becken.

Die Fribourg-Struktur, die von der subalpinen Molasse im Süden bis zum östlichen Ende des Murtensees verläuft (knapp 25 km), kann trotz ihrer besonderen tektonischen Stellung in dieses Modell einbezogen werden. Die Flanken der Struktur sind flexurartig ausgebildet und zeigen grob N-S-streichende Bruchbündel. Die Erdbebenherde der Fribourg-Zone werden als Reaktivierung des östlichen Grabenbruchs der Fribourg-Struktur aufgefasst. Auch die La-Lance-Störung ist Teil dieses grossräumigen konjugierten Bruchsystems. Die räumliche und zeitliche Verknüpfung der Fribourg-Struktur und der La-Lance-Störung bleiben beim jetzigen Wissensstand aber unklar.

Lokale Geologie am Standort

Talgeschichte

Das Standortgebiet war während der Eiszeiten mehrmals vollständig von Eis bedeckt. Während der grössten Vergletscherung und auch während der letzten würmeiszeitlichen Gletschervorstösse wurden die Molasseoberfläche geformt und die Talungen (Wohlensee, Saane etc.) geschaffen. Meist bedeckt eine dünne Schicht quartärer Lockergesteinsedimente den Molassefels. Das Standortgebiet gehört zum Aaretalrog, der sich bis in die Gegend südlich von Bern erstreckt. Während das N-S-verlaufende Saanetal nur wenig in den Molassefels eingetieft ist, weist das E-W-verlaufende Aaretal zwischen Wohlen und der Saane-Mündung eine bedeutende Übertiefung auf.

Felsuntergrund – Untere Süsswassermolasse

Der Felsuntergrund des Standortgebiets wird von 2 000 m mächtiger Unterer Süsswassermolasse gebildet. Es handelt sich um eine Wechsellagerung von Sand- und Siltsteinen mit bunten Mergeln. Die Gesteine kamen in einer weiten Flussebene zur Ablagerung; es werden vier Faziestypen unterschieden, die sich lateral verzahnen. Die Sandsteinzüge als Ablagerungen ehemaliger Flussrinnen sind dabei in feinkörnige Ablagerungen der Überschwemmungsebenen zwischen den Flussarmen eingebettet. Der Molassefels ist wenig gestört, weist aber Entlastungsklüfte auf, die nach dem Abschmelzen der Auflast des Gletschereises entstanden sind. Es wird angenommen, dass die treppenartige Abstufung der Felswände des Aaretals von diesen Klüften verursacht wird.

Quartäre Lockergesteinsbedeckung im Raum Mühleberg

Der Gesuchsteller hat die quartären Ablagerungen im Standortareal durch zahlreiche Bohrungen untersucht. Tabelle 3.5-1 des Sicherheitsberichts stellt die Lockergesteinsabfolge zusammen. An der Basis beobachtet man eine Grundmoräne, die der grössten Vereisung (Risseiszeit) zugeschrieben wird (Altmoräne). Darüber lagern reichlich Sand führende Kiese, die als Rückzugschotter der vorletzten Vereisung interpretiert werden. Mit bis zu 15 m Mächtigkeit bilden sie einen lokalen Grundwasserträger. Auf dem Rinnenschotter liegt eine zweite Grund- und teilweise auch Obermoräne. Sie besteht aus einer siltig-tonigen Matrix mit Kies, wirkt als Grundwasserstauer und wird dem letzten Gletschervorstoss (Würmeiszeit) zugeordnet. Von dünnen Humuslagen getrennte Lagen aus siltigen Sanden und Kies bilden die Oberfläche der Lockergesteinsbedeckung.

Seismologie und standortspezifische Erdbebengefährdung

Neue Erkenntnisse zur Fribourg-Zone nach PEGASOS

Ein neues konzeptionelles Modell zur Tektonik und eine Neuinterpretation der Herdtiefen der Fribourg-Erdbeben durch den Schweizerischen Erdbebendienst (SED) haben die Vorstellungen zum Bau der Fribourg-Struktur wesentlich verändert. Die Herdtiefen, die zuvor auf 7 km berechnet wurden, liegen nach den revidierten Berechnungen im Mittel 2 km unter der Erdoberfläche und somit im Deckgebirge, an der Untergrenze der tertiären Molasseablagerungen.

Zur Abklärung der Verhältnisse hat der Gesuchsteller die Rechte an bisher unveröffentlichten, von der Explorationsindustrie erhobenen seismischen Linien von insgesamt 444 km Länge erworben und die Daten ausgewertet. Es handelt sich teilweise um ältere Linien, die meist nur in den

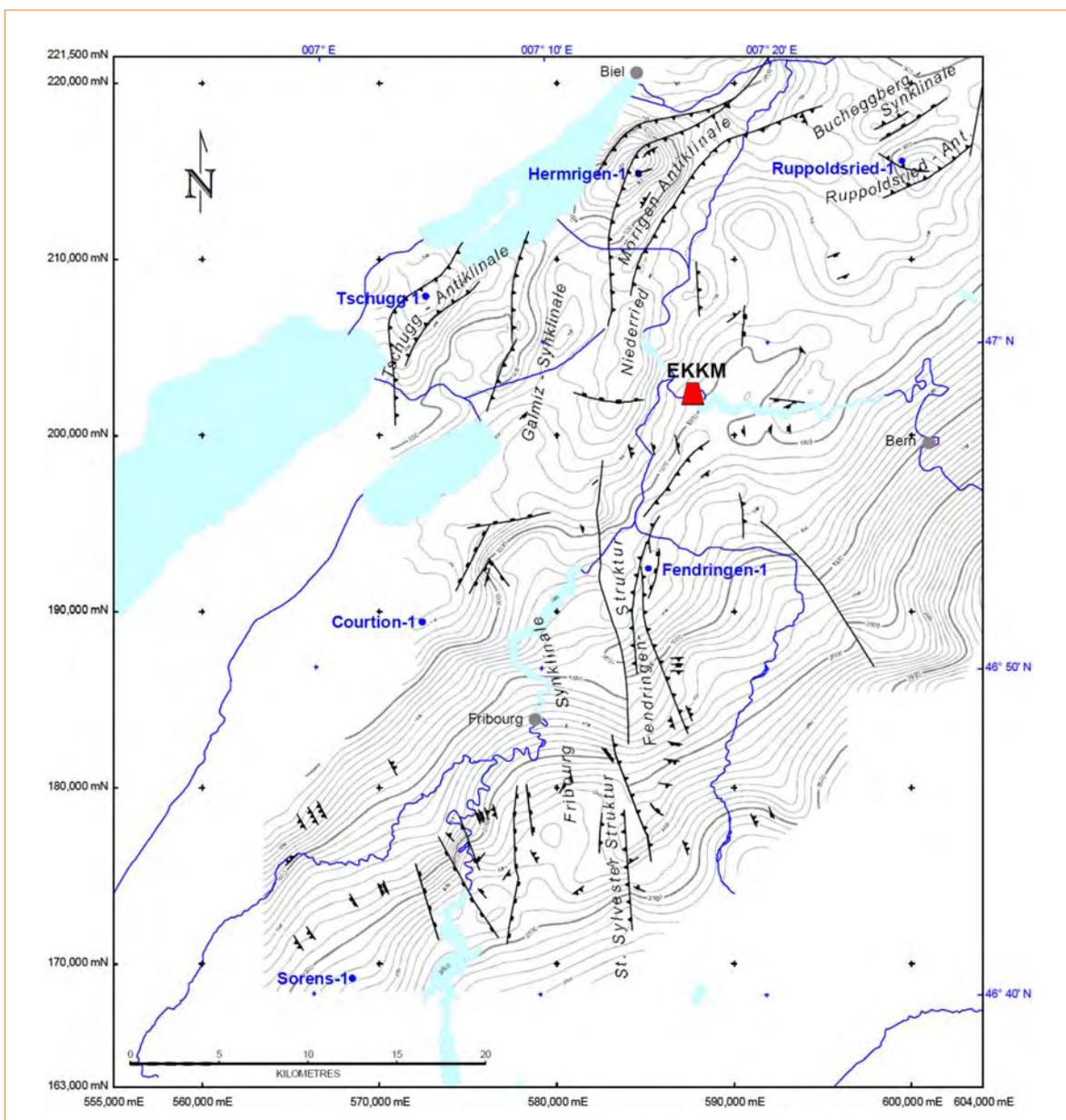


Abbildung 4.1-2: Strukturkarte der Basis Tertiär im Standortgebiet auf Grund der seismischen Auswertungen (modifiziert nach [34])

mesozoischen Schichten präzise auswertbar waren. Der Gesuchsteller hält aber fest, dass die seismischen Aufnahmen zur Abklärung der tektonischen Verhältnisse ausreichend sind.

Die Fribourg-Struktur, die an der Erdoberfläche nicht kartierbar ist, wird auf den Seismik-Linien als N-S-streichende Synklinale abgebildet, die im Westen und Osten von N-S streichenden Störungszonen begrenzt wird (siehe Abbildung 4.1-2). Die Seismik erlaubt eine präzise Lokalisierung der Störungen. Auf der Ostseite bildet die Fendringen-Struktur die Begrenzung der Fribourg-Struktur. Man beobachtet eine Aufwölbung der Schichten, die durch ein Evaporitkissen an der Basis des abgescherten Deckgebirges verursacht wird.

Die Fendringen-Struktur besteht aus mehreren Teilstörungen. Es wird vermutet, dass es sich um eine sinistrale Transversalverschiebung (flower structure) handelt. Unmittelbar südlich des Standortgebiets sind in der nördlichen Verlängerung der Fendringen-Struktur keine entsprechenden Störungen zu beobachten. Der Gesuchsteller folgert deshalb, dass die Struktur keine Fortsetzung gegen Norden aufweist.

Die Hermrigen-Struktur besteht aus zwei Antiklinalen (Tschugg und Möriken), die von zwei Synklinalen (Galmiz, Niederried) begleitet werden. In der Struktur beobachtet man ein Umbiegen der Strukturachsen von N-S auf NE-SW. Dabei ändert auch der tektonische Baustil von lateralen Rampen (Horizontalbewegung mit eventuell kleiner Überschiebungskomponente) auf frontale Rampen (reine Überschiebung).

Der Gesuchsteller betont, dass die Auswertung der seismischen Linien keine Hinweise auf Strukturen geliefert hat, die vom Deckgebirge ins Grundgebirge ziehen. Die fehlenden direkten Verbindungen der steilstehenden Störungen mit Sockelstrukturelementen seien erklärbar durch die Absorption der Bewegungen des Deckgebirges in den Evaporiten und damit einer Abkopplung von der Sockeltektonik. Die Interpretation der seismischen Linien widerlegte das Vorhandensein einer regional ausgedehnten Störungszone, wie sie in der Literatur postuliert wurde (z.B. in [33]).

Beurteilung der Standorteignung durch den Gesuchsteller

Der Standort EKKM liegt im mittelländischen Molassebecken, einem tektonisch vergleichsweise ruhigen Gebiet ohne grössere strukturelle Komplikationen. Die nächstgelegene, möglicherweise tektonisch aktive Störung befindet sich innerhalb der Fribourg-Struktur, am Ostrand einer synklinalen, N-S-verlaufenden Einsenkung der mesozoischen und tertiären Sedimente bei der Stadt Fribourg. Die Struktur endet südlich von Mühleberg und hat keinen Einfluss auf den Standort. Eine Neuinterpretation umliegender seismischer Linien der Erdölindustrie zeigt, dass es in der Nähe des Standorts keine Störungen von regionaler Bedeutung gibt. Lokale Störungen können aufgrund der reflexionsseismischen Daten im Umkreis von mindestens 2,5 km ausgeschlossen werden. Somit kann auch eine Verschiebungsgefährdung mit grosser Sicherheit ausgeschlossen werden.

Basierend auf den Gefährdungskarten des Schweizerischen Erdbebendienstes SED liegt der Standortbereich Mühleberg in einer seismisch relativ ruhigen Zone. Die im Rahmen von PEGASOS ermittelten standortspezifischen (Fels-) Beschleunigungen sind vergleichbar mit der Gefährdung in anderen Gebieten mit schwacher bis mittlerer seismischer Aktivität. Der Einfluss der seismisch

aktiven Fribourg-Struktur auf die Gefährdung im Standortbereich Mühleberg ist aufgrund der Resultate der PEGASOS-Studie gering.

Der Standort selbst liegt über ruhig gelagerten Schichten. Da es keine Störungen gibt, die den Grundriss der geplanten Anlage tangieren, kann eine Verschiebungsgefährdung mit grosser Sicherheit ausgeschlossen werden. Der untief anstehende Fels und die horizontal verlaufende Schichtung machen den Baugrund für die Aufnahme von grossen Vertikallasten geeignet. Die Setzungsempfindlichkeit ist gering. Die tragfähigen Lockergesteinsschichten weisen kein Verflüssigungspotenzial auf.

Die Gesamtheit dieser Überlegungen führen zu einer positiven Beurteilung der Standorteignung im Hinblick auf Geologie, Baugrundeigenschaften und seismische Gefährdung.

Beurteilungsgrundlagen

Geologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der Sicherheitsbeurteilung eines Kernkraftwerkprojekts haben drei Stossrichtungen:

- Für die Ermittlung des Erdbebenrisikos eines Kernkraftwerks müssen Ausdehnung und Aufbau der grossen Störungszonen in der Umgebung des Standorts bekannt sein. Es müssen darum das regionale und das lokale Störungsmuster abgeklärt und beschrieben werden sowie die Erdbebenhäufigkeit und maximal mögliche Erdbebenstärke (Magnitude) abgeschätzt werden.
- Signifikante Verschiebungen an Störungszonen können die Sicherheit eines Kernkraftwerks gefährden. Es muss deshalb sichergestellt werden, dass keine potenziell aktive Störungzone das Kraftwerksareal und dessen unmittelbare Umgebung durchzieht.
- Für die Berechnung der seismischen Auswirkungen auf die Anlage müssen die Eigenschaften des Baugrunds bekannt sein. Sie sind neben den Anforderungen des Auslegungserdbebens eine wichtige Grundlage für die bautechnische Auslegung der Anlage.

Beurteilungsgrundlage ist der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3 «Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants», in dem die notwendigen Untersuchungsschritte dargestellt werden [110].

Im Rahmen des Projekts PEGASOS wurden die regionalen geologischen Strukturen bereits beurteilt und ihre Bedeutung für das seismische Risiko diskutiert. Die entsprechenden Resultate sind in den Expertenberichten zur PEGASOS-Studie aufgeführt. Zusammenfassende Darstellungen der geologischen und seismischen Gesichtspunkte finden sich beispielsweise in den Publikationen [35] und [36].

Beurteilung des ENSI

Geologie der weiteren Umgebung

Das ENSI beurteilt die Geologie der weiteren Umgebung in grosser Übereinstimmung mit dem Gesuchsteller. Die einzige Abweichung besteht in der seitens des ENSI breiter angelegten Betrachtung der weiter unten diskutierten Strukturen und deren Fortsetzung in den kristallinen Unter-

grund. Mosar [37] schlägt für die Interpretation der heutigen tektonischen Situation im Westschweizer Molassebecken und den angrenzenden Alpen vor, dass die Überschiebungsflächen nicht nur das Deckgebirge, sondern auch das darunter liegende kristalline Grundgebirge erfassen. Ohne die Möglichkeit, die Diskussion über den Deformationsstil hier abschliessend zu führen, ist das ENSI der Auffassung, dass im Sinne einer konservativen Betrachtung vom Gesuchsteller der für den Standort ungünstigere Fall zu berücksichtigen ist. Für die Erdbebengefährdung ist dies der Einbezug der Möglichkeit von im Kristallin wurzelnden Störungen. Auch für die Möglichkeit einer südwärts in den Faltenjura und bis in das Molassebecken reichenden Fortsetzung der Störungssysteme des Rheingrabens ist aus Sicht des ENSI ein konservativer Ansatz zu wählen. In diesem Fall ist dies die Möglichkeit, dass die Fribourg-Struktur Teil eines mit dem Oberrheingraben verbundenen Systems darstellt. Da hier über grössere Bereiche Evidenzen an der Oberfläche fehlen, kann davon ausgegangen werden, dass eine solche Verbindung seit dem Ende der Molassesedimentation kaum aktiv gewesen ist.

Geodynamisches Modell

Regionale geologisch-tektonische Verhältnisse

Die Darstellung der Lage des Standorts in einem vergleichsweise geologisch ruhigen Gebiet der mittelländischen Molasse ist aus Sicht des ENSI teilweise nachvollziehbar. Das ENSI hält fest, dass in den Molasseformationen die Kartierung von Störungen schwierig ist, da grossräumige lithologische Wechsel fehlen und oft vorhandene Moränen den Untergrund verdecken. Die Beobachtungen der tektonischen Strukturen im Gelände beschränken sich darum weitgehend auf Aufschlüsse in Tälern. Die Beurteilung des tieferen Untergrunds und dessen tektonischer Situation muss sich aus diesem Grund im Wesentlichen auf wenige Tiefbohrungen und die vorhandenen Seismik-Linien abstützen. Die Seismik-Linien zeigen ein Muster von Störungen, die Segmente mit ruhiger Lagerung von maximal einigen Kilometern Ausdehnung begrenzen.

Tektonische Strukturen im Molassebecken

Das schweizerische Molassebecken zeigt keinen einheitlichen Aufbau. Das westliche Molassebecken hat eine deutlich stärkere Einengung erlebt als das östliche. Das Standortgebiet liegt in einem Übergangsbereich, wo sich an einer quer zum Juragebirge verlaufenden Struktur ein Richtungswechsel der Faltenachsen von der SW-NE- in die N-S-Richtung feststellen lässt (siehe Abbildung 4.1-1).

Ursache der unterschiedlichen Baustile des Molassebeckens ist einerseits, dass die Evaporite der Triasformation im westlichen Becken grössere Mächtigkeiten aufweisen [38], andererseits dass gegen Westen die Breite des Beckens abnimmt.

Aus dem Zusammenwirken folgender Aspekte ergibt sich aus der Sicht des ENSI die tektonische Situation des Standortgebiets:

- der Einfluss ererbter Strukturen im Grundgebirgssockel auf das darüber liegende Deckgebirge;
- das eozänoligozäne Rifting im Gebiet des Rhein-/Bressegraben-Systems;

- die spätmiozäne-pliozäne Jurafaltung;
- die möglicherweise andauernde Gebirgsbildung im alpinen Gebirge, welche tektonische Vorgänge auslösen könnte.

Der Gesuchsteller geht davon aus, dass sich der Grundgebirgssockel im Untersuchungsgebiet im jüngeren Tertiär und im Quartär abgekoppelt vom Deckgebirge verhielt. Die jüngere Tektonik habe sich auf das Deckgebirge über den Trias-Evaporiten beschränkt. Das ENSI kann diese Annahme in dieser absoluten Form nicht nachvollziehen. Die beobachteten tektonischen Strukturen lassen sich weitgehend im Zusammenhang mit dem Jurafernschub erklären. Durch die Verschiebung des Deckgebirges beim Fernschub (um einen Betrag von ca. 20 km gegen NW, [39]) wurden die Strukturen im Deckgebirge dort von den ehemals zugehörigen Strukturen unterhalb des Abscherhorizonts getrennt, wo die Verschiebung in grossem Winkel zum Verlauf der Störung erfolgte. Bei kleinen Winkeln zwischen Störungsrichtung und Bewegungsrichtung könnten noch heute die Verbindungen bestehen. Neuere Literatur berücksichtigt zudem die Möglichkeit eines Deformationsstils, in dem auch das Grundgebirge in die Verkürzung mit einbezogen wurde [37].

Die Seismik-Auswertungen, die der Gesuchsteller vorlegt, weisen keine klaren Hinweise auf, dass im kristallinen Untergrund Strukturen vorhanden sind, die mit Störungen in der abgescherten Sedimenthaut korreliert werden könnten. In Ergänzung der vom Gesuchsteller vorgelegten Auswertung seismischer Linien verweist das ENSI auf Arbeiten (z.B. [40]), die durchaus eine enge Kopplung zwischen Unebenheiten in der Sockeloberfläche und der Nukleation tektonischer Gebilde im Deckgebirge vorschlagen. Die Abbildungsqualität der Seismik ist in dieser Tiefenlage allerdings beschränkt, da das Grundgebirge kaum Reflektoren aufweist. Geht man von der Vorstellung aus, dass sich die im Deckgebirge vorhandenen Bruchzonen über einer grossen Sockelstörung entwickelt haben, wie das Kastrup et al., 2007 [33] vorgeschlagen haben, so wäre mit einer regional sehr ausgedehnten Störung zu rechnen. Den seismischen Interpretationen des Gesuchstellers kann das ENSI weitgehend folgen, jedoch nicht hin zu einem Ausschluss einer ausgedehnten Störung.

Fribourg-Struktur und Fribourg-Zone

Die Fribourg-Struktur liegt in der südlichen Extrapolation einer ausgedehnten Störungszone, die vom Rheingraben aus mit Unterbrüchen durch den ganzen Faltenjura verfolgt werden kann. Im Rheingraben bildet die Störung vermutlich die Grenze zwischen dem Graben von Dannemarie und dem Horst von Mulhouse (Illfurth Fault Zone, [42], [43], [44]). Weiter südlich scheint sie den Westrand des Pfirter Juras zu bilden und dann nach Süden in das Störungsbündel von Caquerelle-Les Rangiers überzugehen, welches auf Blatt 40 St. Ursanne [45] den Westrand des Delsberger Beckens bildet. Das Bassecourt-Erdbeben mit M_w 5,5 im Jahre 1577 ist das stärkste historische Erdbeben im Bereich dieser regionalen rheinischen Störung [46]. Weiter südlich, nördlich von Biel/Bienne, ist die Störung weniger gut dokumentiert. Sie äussert sich aber in der diskontinuierlichen axialen Änderung der strukturellen Geometrie der Falten und Überschiebungen auf beiden Flanken der Transversalstörung. Die Fortsetzung der Struktur würde etwa 7 km westlich des Standorts EKKM verlaufen [33]. Das ENSI ist der Ansicht, dass ein Nachweis der postulierten Fortsetzung auf Basis der vorhandenen Seismik-Linien nicht möglich ist, insbesondere wenn der Störungsanteil oberhalb des basalen Abscherhorizonts mit dem Jurafernschub schief zur Orientierung der Störungsfläche verschoben wurde [127].

Die Störung ist im Molassebecken auch in seismischen Linien kartiert worden (siehe Abbildung 4.1-1) und in den Alpen in Aufschlüssen dokumentiert. Im Sicherheitsbericht wird die Fribourg-Struktur als aus mehreren Segmenten zusammengesetzt dargestellt. Die Teilstörungen der Struktur sind an der Erdoberfläche nicht erkennbar, sie zeichnen sich aber durch Synklinalen und Antiklinalen ab, die die Strukturen nachzeichnen. Der zentrale Teil der Struktur gibt sich als Nord-Süd-verlaufendes Tal zu erkennen. Eine präzise Lokalisierung der Bruchzonen würde zusätzliche reflexionsseismische Aufnahmen erfordern. Es fällt auf, dass diese Segmente in der Streichrichtung nicht versetzt sind, wie dies normalerweise bei einer segmentierten Transversalstörung der Fall ist [47]. Es kann daher auch argumentiert werden, dass die im Sicherheitsbericht dokumentierten Segmente (die Hermrigen-Struktur inbegriffen) Teile ein und derselben kontinuierlichen Störung sind. Bei einer Segmentierung der Fribourg-Struktur wäre ausserdem zu erwarten, dass sich dies je nach geometrischer Anordnung der Segmente im Gebiet zwischen den Segmenten lokal entweder in einer Streckung (*pull-apart basin*) oder in einer Verkürzung ausdrücken würde.

Die Fribourg-Struktur fällt durch rezente Erdbeben auf (Fribourg-Zone). Die seismische Aktivität im Rahmen dreier Erdbebenschwärme erstreckt sich über eine Länge von 20 bis 30 km (siehe Abbildung 3.5-25 im Sicherheitsbericht). Die entsprechenden Herdflächenlösungen ergaben sinistrale Horizontalbewegungen [33]. Für die Abschätzung der längsten möglichen Ruptur entlang der Fribourg-Struktur ist aus Sicht des ENSI nicht unmittelbar wichtig, ob die Störung segmentiert ist, da Erdbeben verursachende Rupturen häufig weniger als 3–5 km auseinander liegende Enden von benachbarten Störungs-Segmenten überspringen können ([48], [49], [50]), was zu einer Ruptur der gesamten Struktur führen könnte.

Betrachtet man die Fribourg-Struktur als zusammenhängende Struktur, würde sie eine Länge von knapp 50 km erreichen. Die Tatsache, dass die Erdbeben sich auf das Deckgebirge beschränken, ist kein Beweis dafür, dass die Struktur sich nicht in die Tiefe fortsetzt. Aus Sicht des ENSI gibt es keine mechanischen Gründe, weshalb subvertikale Rupturen längs der Fribourg-Struktur sich auf die Sedimenthaut beschränken sollten. Das weltweit dokumentierte konstante Längen-Breiten-Verhältnis von Rupturen ([51], [52]) lässt es als unwahrscheinlich erscheinen, dass die Fribourg-Struktur bei einer seismisch aktiven Länge von 30 km nur 2 km Tiefe erreicht hat. Es ist daher eher zu erwarten, dass sich die Störung auch in die Tiefe und damit ins Kristallin entwickelt hat, wenn sie nicht dort initiiert wurde.

La-Lance-Störung

Die erwähnte La-Lance-Störung wird im Sicherheitsbericht nur marginal diskutiert. Sie erstreckt sich vom Gebiet Le Chasseron bis ins Molassebecken. Der südlichste Punkt liegt rund 30 km vom Standort entfernt. Die Länge der Struktur beträgt 27 km, sie versetzt Antiklinalachsen in der Molasse. Basierend auf der Auswertung von seismischen Linien im Neuenburgersee handelt es sich um einen neotektonischen Bruch, welcher nacheiszeitlich bewegt wurde. Dabei zeigen die Linien längs der Störung einen vertikalen Versatz, welcher auch die jüngsten Reflektoren erfasst [41]. Die Bruchzone ist etwa 1 km weit und wird auf beiden Seiten durch Störungen begrenzt. Auf kommerziellen seismischen Linien, welche den Bruch östlich des Sees queren, ist die La-Lance-Störung als «flower structure» identifiziert worden [41]. Die La-Lance-Störung ist bei der seismischen Quellencharakterisierung der PEGASOS-Studie nicht explizit als lineare seismische

Quelle berücksichtigt worden, ist aber implizit in der den Standort umgebenden Flächenquelle enthalten.

Topografie, Rezent- und Neotektonik

Das ENSI ist mit den Schlussfolgerungen des Gesuchstellers zur lokalen Geologie, Topografie und Neotektonik in unmittelbarer Nachbarschaft des Standorts EKKM einverstanden. Allerdings sind die Aussagen zu den Untersuchungen mit LIDAR für das ENSI nicht vollständig nachvollziehbar, da die entsprechenden Unterlagen bzw. Berichte nicht vorliegen. Der nachfolgende Hinweis nimmt Bezug auf diesen Sachverhalt.

Hinweis 4:

Das ENSI erwartet, dass ihm seitens der EKKM AG die Ergebnisse zu den Untersuchungen mit LIDAR zugänglich gemacht werden.

Tektonisches Modell

Im Sicherheitsbericht wird ein tektonisches Modell vorgestellt, das den Aufbau der Fribourg-Struktur erklären soll. Das Modell geht von zwei sich kreuzenden Störungen (Fribourg, La Lance) aus, durch deren Interaktion ein komplexes Strukturmuster entstand. Aus der Sicht des ENSI sind die tektonischen und kinematischen Zusammenhänge zwischen Fribourg-Struktur und La-Lance-Störung zurzeit noch nicht ausreichend klar ermittelt. Eine Interaktion zwischen den Störungen muss aufgrund der heutigen Wissenslage hypothetisch bleiben. Das ENSI ist jedoch damit einverstanden, dass die Gefährdungsspektren, die von diesen Linien ausgehen, durch die in PEGASOS für den Standort KKM ermittelten Erdbebenspektren abgedeckt werden (siehe Kapitel 4.1.6.3 des Gutachtens).

Beurteilung der Standorteignung durch das ENSI

Das ENSI ist mit der vom Gesuchsteller vorgelegten Auswertung der seismischen Linien so weit einverstanden, dass sich daraus keine klaren Anzeichen für eine Nordverlängerung der Fribourg-Struktur ergeben. Damit sind aus Sicht des ENSI die Resultate des Projekts PEGASOS für den Standort Mühleberg weiterhin zutreffend. Die Geologie und Talentwicklung der näheren Umgebung des Standorts EKKM wird in Übereinstimmung mit dem Gesuchsteller beurteilt.

4.1.6.2 Baugrundeigenschaften

Angaben des Gesuchstellers

Baugrundmodell

Zur Erweiterung der aus früheren Untersuchungen für das KKM bekannten Eigenschaften des Baugrunds wurden zahlreiche Feld- und Laborversuche durchgeführt [124], womit sich der lokale Baugrund des EKKM charakterisieren lässt. Zu den Untersuchungen gehören 13 seismische Profile mittels Hammerschlag- und Oberflächenseismik (Hybridseismik) sowie 10 Kernbohrungen am linken und zwei Kernbohrungen am rechten Aareufer. In den Bohrlöchern wurden Standard Penetration Tests durchgeführt. Zusätzlich kamen Downhole-Seismik sowie akustische und optische Bohrlochscanner zum Einsatz. Alle Bohrlöcher wurden mit Piezometerrohren und/oder

Porenwasserdruckgebern bestückt. Im Labor wurden übliche geotechnische Grössen wie Dichte, Scherfestigkeit, Druckfestigkeit und Reibungswinkel an Boden- und Felsproben bestimmt. Auch wurden Resonant-Column-Tests an Bohrkernen zur Bestimmung der P- und S-Wellengeschwindigkeiten sowie der dehnungsabhängigen Dämpfung und der Schubmoduli durchgeführt.

Das Baugrundmodell des Standorts wird vom Gesuchsteller mit Längs- und Querprofilen in den Abbildungen 3.5-12 und 3.5-13 des Sicherheitsberichts grafisch dargestellt. Die massgebenden Schichten werden wie folgt beschrieben (von oben nach unten):

Die künstlichen Auffüllungen resp. Deckschichten bestehen aus Platzkoffer, Schwarzbelag, Humus und schwach siltigem bis stark siltigem Sand. Darunter folgen junge Anschwemmungen der Aare aus Silt und Feinsand mit wenig Kies. Hangseitig gehen diese Anschwemmungen in Gehängelehm über, welcher sich aus einem stark feinsandigen Silt sowie einem schwach bis stark siltigen Feinsand zusammensetzt. Der Gehängelehm wird von Moräne unterlagert, bestehend aus stark sandigem, kiesigem Silt resp. schwach siltigem bis siltigem Mittelsand mit wenig Kies. Auch die Moräne keilt gegen die Aare hin aus. Rinnenschotter aus stark sandigem, schwach siltigem Kies resp. kiesigen, sandigen, schwach siltigen Steinen sind mit unterschiedlicher Mächtigkeit im gesamten Projektareal vorhanden. Sie liegen direkt der Unteren Süsswassermolasse auf, welche im Bereich des Hanges bis unmittelbar unter die Terrainoberfläche ansteigt.

Grundwasserverhältnisse

Der Grundwasserleiter besteht aus Rinnenschottern wie auch untergeordnet aus den darüber liegenden Moräneablagerungen. Seine Mächtigkeit gibt der Gesuchsteller mit ca. 5 m an. In der Regel zeigt der Grundwasserleiter einen freien Grundwasserspiegel, nur örtlich liegen leicht gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

Die Grundwasserflussrichtung weist nach Nordwesten. Im Normalfall exfiltriert das Grundwasser in die Aare, nur bei hohen Wasserständen der Aare infiltriert Flusswasser ins Grundwasser. Diese Situation besteht jeweils nur kurzzeitig. Die Speisung des Grundwasservorkommens erfolgt im Wesentlichen über Hangwasserzuflüsse und untergeordnet über versickerndes Meteorwasser.

Wegen der grossen Durchlässigkeiten der Moränen und Schotter und der geringen Tiefe des Molassefelsens als Grundwasserstauer sieht der Gesuchsteller vor, die Baugruben mit dichten Baugrubenabschlüssen zu sichern, die in den Molassefels eingebunden werden. Für die Restwasserhaltung sind Pumpensümpfe vorgesehen.

Das Projektareal liegt im Gewässerschutzbereich B. Der Gesuchsteller vertritt die Ansicht, dass mit einer Umteilung in den Gewässerschutzbereich A_U nicht gerechnet werden muss, da das Vorkommen für eine Nutzung nicht geeignet ist.

Beurteilung des Baugrunds durch den Gesuchsteller

Der Gesuchsteller sieht vor, dass das Reaktorgebäude direkt auf dem Fels fundiert wird. Für kleine Gebäude, die im Lockergestein flach fundiert werden sollen, eignen sich nach seinen Angaben in erster Linie die Moränenablagerungen wie auch die Rinnenschotter. Die jungen Allu-

vionen und der Gehängelehm sind für eine Flachfundation nicht geeignet. Je nach Höhenlage und Belastung eines Gebäudes zieht der Gesuchsteller auch eine Abtragung der Lasten über Pfähle in den tieferen Untergrund in Betracht.

Das Verflüssigungspotenzial des Baugrunds am Standort wurde aufgrund der Resultate von Standard Penetration Tests (SPT) mit einem empirischen Verfahren ermittelt. Da nicht auf jungen Alluvionen oder Gehängelehm, sondern nur auf Moränenablagerungen und Schotter fundiert wird, kommt der Gesuchsteller zum Schluss, dass auch bei grossen erdbebeninduzierten Beschleunigungen nur mit unbedeutenden Setzungen zu rechnen ist. Beschädigungen an sicherheitsrelevanten Anlageteilen durch Bodenverflüssigung können seiner Ansicht nach ausgeschlossen werden. Die Böschungsstabilität der Aareufer stellt der Gesuchsteller jedoch wegen der Verflüssigungsgefahr in Frage. Da die Schichten seitlich nicht gehalten sind, besteht hier die Gefahr von «lateralen» Abrutschungen.

Der Gesuchsteller hält in Kapitel 3.5.2.4.5 des Sicherheitsberichts fest, dass eigentliche Rutschgebiete im Bereich des geplanten Kernkraftwerks nicht vorhanden sind. Er bezeichnet zwei Hanggebiete, die eine Disposition zu Spontanrutschungen aufweisen. Es sind dies der südlich gelegene Molassehügel «Runtigerain» und der nördlich vorgelagerte Hangfuss, der aus Erosionsprodukten der Molasse besteht. Als Auslöser solcher oberflächennaher Spontanrutschungen sind gemäss Gesuchsteller starke Niederschläge oder Erdbeben zu betrachten. Niederschläge können zu räumlich stark begrenzten Bewegungen führen, welche den untersuchten Standort nicht beeinträchtigen. Ein Erdbeben könnte hingegen zur Ablösung grösserer Erd- und Felspakete führen. Für das Gebiet «Runtigerain» besteht Steinschlaggefahr. Der Gesuchsteller ist jedoch der Auffassung, dass die Steine durch die dämpfende Wirkung des Gehängelehms unmittelbar am Fuss der Steilwand abgelagert werden. Beim nördlichen Hangfuss sind Spontanrutschungen möglich. Mittels Drainage soll hier die Gefahr gebannt werden. Auch Rutschungen in den Wohnensee oder in die Aare werden als denkbar beurteilt, aber nur in Bezug auf ihren Einfluss auf die Wasserführung der Aare als relevant erachtet.

In Kapitel 3.6.2.7 des Sicherheitsberichts, welches primär den Einfluss von Massenselbstbewegungen (Erdrutsch und Felssturz) auf die Hydrologie zum Gegenstand hat, wird auch auf das Gefährdungspotenzial durch die dem Standort des EKKM gegenüberliegende fast 50 m hohe Felswand eingegangen. Die im Rahmen der seismischen Standortuntersuchungen des bestehenden Kernkraftwerks Mühleberg durchgeführten Analysen haben ein günstiges Bild der Stabilität des Hanges ergeben, das durch das Fehlen von Steinschlagmaterial am Fuss der Felswand gestützt wird. Sollte es dennoch zu einem Felssturz kommen, würde das Material durch die 80 m breite Aare aufgefangen.

Beurteilungsgrundlagen

Das ENSI stützt sich bei der Beurteilung des Baugrunds vor allem auf die folgenden Grundlagen:

- IAEA Safety Standards: «Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants», Safety Guide No. NS-G-3.6; December 2004 [114]

- IAEA Safety Standards: «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations», Draft Safety Guide No. NS-G-3.7, 2009-10-15 (Revision of Safety Guide No. NS-G-3.3), [111]
- Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 [10]
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA); Norm SIA 267, «Geotechnik», 2003 [53]
- Schweizer Norm SN 670 010b, Bodenkennziffern, VSS 1999 [54]
- Gewässerschutzkarte des Kantons Bern im Internet vom 23. Februar 2010 [55]
- Gefahrenkarte des Kantons Bern im Internet vom 23. Februar 2010 [56]

Beurteilung des ENSI

Die auf Stufe Rahmenbewilligung erforderlichen Angaben zu den massgebenden Teilaspekten des Baugrunds («selection stage» und «verification stage» gemäss [114]) sind im Sicherheitsbericht sowie im Bericht zur Baugrunduntersuchung [124] im Wesentlichen enthalten. Der Aufbau des Untergrunds, das Baugrundmodell und die Grundwasserverhältnisse sind in den Gesuchunterlagen mit wenigen Ausnahmen verständlich und umfassend dargestellt, zu einigen Punkten sind jedoch Präzisierungen erforderlich.

Mit den durchgeführten Standortuntersuchungen erfüllt der Gesuchsteller die Ziele gemäss IAEA Draft Safety Guide DS422 «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations» [111], wonach abzuklären ist,

- ob sich der Standort aus geotechnischer Sicht eignet,
- ob es am Standort ein Potenzial für Untergrundverschiebungen gibt, welches mit Erdbeben verknüpft sein kann (entlang von Störungen, durch Verflüssigung, Absenkung oder Einbrüchen von Kavernen) und
- wie die statischen und dynamischen Eigenschaften der Gründungsmaterialien beschaffen sind.

Die Stratigrafie und die Struktur des Standorts, die Schichtenfolge und die Dicke der Schichten wie auch ihre dynamischen Eigenschaften sind im Sicherheitsbericht ausreichend detailliert dargestellt. Die erforderlichen Angaben und Kennwerte zur Lagerungsdichte und zu den statischen Eigenschaften der Schichten sowie eine Beurteilung des Verflüssigungspotenzials gemäss KTA-Richtlinien sind im Referenzbericht zur Baugrunduntersuchung [124] enthalten. Die Aussage, dass in den für die Gebäudefundation vorgesehenen Moränenablagerungen und Schottern kein Verflüssigungspotenzial besteht, ist aufgrund der Lagerungsdichte und Kornverteilung dieser Schichten plausibel. Bei der Bestimmung der Lagerungsdichte hat sich der Gesuchsteller auf die Ergebnisse der Standard Penetration Tests (SPT) abgestützt. Die SPT-Versuchsergebnisse im Kies können wegen Steinen oder gegenseitiger Beeinflussung bei zu geringem Abstand zwischen den einzelnen Versuchen jedoch verfälscht werden. In Ergänzung zu den ohnehin durchzuführenden Detailuntersuchungen sollten diese Werte im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs mit anderen Verfahren verifiziert werden. Ebenso ist bei der Beurteilung des Verflüssigungspotenzials die Hochwassersituation zu berücksichtigen. Zusätzlich sollen in den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch die Deckschichten und künstlichen Auffüllungen getrennt voneinander charakterisiert werden. Im Sicherheitsbericht und im Bericht zur Baugrunduntersuchung [124] werden

diese Schichten zusammen behandelt. Aufgrund ihrer geotechnischen Verschiedenartigkeit erachtet das ENSI dies als wenig sinnvoll.

Keine Aussagen macht der Gesuchsteller bezüglich der Gefährdung des Standorts infolge von Einbrüchen von allfälligen Hohlräumen im Felsuntergrund, was nach internationalen Anforderungen der IAEA [114] verlangt wäre. Im Bericht [124] werden gespannte Grundwasserverhältnisse in der Unteren Süsswassermolasse angesprochen. Der Gesuchsteller erklärt dieses artesische Grundwasser einerseits mit Klüftungen, vor allem aber mit Rinnengürteln höherer Porosität, die von tonhaltigem Gestein niedrigerer Porosität umgeben sind. Da rinnenartige Sandsteinbänke in der Unteren Süsswassermolasse häufig beobachtet werden, ist diese Erklärung aus Sicht des ENSI nachvollziehbar. Ebenso erwartet das ENSI keine grösseren Hohlräume infolge Karstbildung, da Molassesandsteine arm an Karbonat sind. Mit einer Gefährdung des Standorts infolge Einbrüchen von Hohlräumen ist somit nicht zu rechnen.

Nach Vorgabe der IAEA in den Kapiteln 5.2–5.6 «Natural slopes» von [114] sind Hänge in der Umgebung des Standorts auf ihr Gefährdungspotenzial zu untersuchen. Kann eine Gefährdung sicherheitstechnisch wichtiger Anlageteile nicht aufgrund der Distanz ausgeschlossen werden, sind vertiefte Abklärungen vorzunehmen, die einerseits die Hangeigenschaften und andererseits die Auswirkungen von Erdbeben und Starkregen umfassen. Wird eine Gefährdung erkannt, sind gemäss [114] Massnahmen zur Stabilisierung und Verstärkung potenziell gefährlicher Hänge sowie Massnahmen zum Schutz sicherheitsrelevanter Anlageteile zu treffen. Ist dies nicht möglich, muss die Lage der Gebäude entsprechend geändert werden.

Aufgrund der topografischen Lage des Standorts EKKM kommt den entsprechenden Sicherheitsnachweisen eine erhebliche Bedeutung zu. Die Angaben des Gesuchstellers zur direkten Gefährdung des Standorts durch Rutschungen, Steinschlag und Felssturz sind nach der Beurteilung des ENSI teilweise widersprüchlich und wenig plausibel. Die Bedeutung der in Kapitel 3.5.2.4.5 des Sicherheitsberichts verwendeten Begriffe «eigentliches Rutschgebiet» im Gegensatz zu einem «Rutschgebiet» und «Spontanrutschungen» im Gegensatz zu «Rutschungen» ist nicht klar. Im gleichen Kapitel wird einerseits ausgesagt, dass «eigentliche Rutschgebiete» im Bereich des geplanten Kernkraftwerks nicht vorhanden seien, andererseits werden in diesem Kapitel zwei Rutschgebiete identifiziert (Molassehügel «Runtigerain» und der nördlich vorgelagerte Hangfuss). Die Aussage des Gesuchstellers, wonach sich grössere Erd- und Felspakete nur in einem Erdbebenfall ablösen können, wird nicht begründet. Extreme Niederschläge, allenfalls verbunden mit Frost-Tau-Perioden, können den Gesteinsverband ebenfalls lösen, wie beispielsweise der Bergsturz von Goldau 1806 zeigte. Zudem ist die Aussage nicht nachvollziehbar, wonach Steinschlag am Standort zwar vorkommt, dass aber die Steine aufgrund der dämpfenden Wirkung des Gehängelehms keine Gefahr für die projektierte Anlage darstellen. Bei der Bewertung kann die Sicherheit der Anlage nicht auf die schlecht quantifizierbare dämpfende Wirkung einer Gehängelehmablagerung abgestellt werden. Insgesamt kommt das ENSI zum Schluss, dass die Angaben des Gesuchstellers betreffend direkter Gefährdung des Standorts durch Rutschungen, Steinschlag und Felssturz eine schlüssige Beurteilung noch nicht zulassen.

Die Rinnenschotter, die Moränenablagerungen und der Molassefels sind ein guter Baugrund und auch für die Aufnahme von grösseren Bauwerkslasten geeignet. Hingegen sind die terrain-

nahen Deckschichten, die jungen Anschwemmungen der Aare und der Gehängelehme für eine Gründung nicht geeignet. Dies hat der Gesuchsteller korrekt erkannt und wird den Sachverhalt bei der Projektierung berücksichtigen. Für Bauwerke, die unterhalb des Grundwasserspiegels gegründet werden, sind dichte Baugrubenabschlüsse vorgesehen. Richtigerweise wird diese Lösung gegenüber offenen Baugruben bevorzugt, da sonst mit grossflächigen Grundwasserabsenkungen und entsprechenden Setzungsproblemen zu rechnen wäre. Ein Konzept für die Gestaltung der Baugruben und der Baugrubensicherung ist im Rahmen der B1-Unterlagen nach Anhang 4 KEV im Gesuch zur Baubewilligung vorzulegen.

Das Areal des EKKM liegt gemäss der aktuellen Gewässerschutzkarte des Kantons Bern [55] im Gewässerschutzbereich B («nicht nutzbares Randgebiet»). Demzufolge sind bei der Einbettungstiefe der Bauwerke keine besonderen Massnahmen zu beachten. Durch die Erkenntnisse aus den neusten Felduntersuchungen am Standort ([124], [125], Grundwassermächtigkeit von rund 5 m) kann eine künftige Umklassierung durch den Kanton Bern jedoch nicht ganz ausgeschlossen werden. Dies ist bei der weiteren Projektierung gebührend zu beachten.

Gestützt auf die obige Beurteilung schlägt das ENSI der Bewilligungsbehörde folgende Auflage vor:

Auflage 2:

Die direkte Gefährdung des Standorts durch Rutschungen, Steinschlag und Felssturz ist von der EKKM AG genauer abzuklären. Zonen, die von den Rutschgebieten «Runtigerain» und dem vorgelagerten Hangfuss betroffen sein können, sind zu identifizieren und in Beziehung zu setzen mit dem geplanten Standort für die sicherheitsrelevanten Anlageteile. In der entsprechenden Analyse ist die überarbeitete Gefahrenkarte des Kantons Bern [56] zu berücksichtigen. Als Ursache für Hanginstabilitäten sind nicht nur schwere Erdbeben, sondern sämtliche potenziell relevanten Einwirkungen zu berücksichtigen, insbesondere starke Niederschläge. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI spätestens bis zum Baubewilligungsgesuch nachzureichen.

4.1.6.3 Seismik

Angaben des Gesuchstellers

Seismizität

Der Gesuchsteller stellt in Kapitel 3.5.3 des Sicherheitsberichts fest, dass die Schweiz als Ganzes in einer vergleichsweise stabilen Region innerhalb einer grösseren plattentektonischen Einheit liegt, welche sich durch geringe Wahrscheinlichkeiten von starken Erdbeben auszeichnet (so genannte «intraplate region»). Innerhalb der Schweiz liegt der Standort Mühleberg zudem in einem Gebiet mit niedrigerer Erdbebengefährdung. Bei sehr geringen jährlichen Eintretenswahrscheinlichkeiten müssen aber trotzdem starke Erdbeben, welche erhebliche Bodenerschütterungen verursachen können, in Betracht gezogen werden.

Gestützt auf die Karten des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) zur rezenten Seismizität in der Schweiz wird die geografische und tiefenmässige Verteilung der bekannten Beben darge-

stellt. Abbildung 4.1-3 gibt einen Überblick über die bekannten Erdbeben in der Schweiz zwischen ca. 1 000 n. Chr. und 2007. Das zentrale und westliche Molassebecken, in dem die Standortregion liegt, weist eine diffus verteilte Erdbebenaktivität auf, deren Epizentren, wie in fast allen Regionen der Schweiz (von wenigen Ausnahmen abgesehen), keinen bekannten tektonischen Elementen zugeordnet werden können. Eine Häufung von Epizentren findet sich unmittelbar östlich der Stadt Fribourg (siehe Abbildung 4.1-4). Die meisten dieser Beben gehören zu drei Erdbebenserien in den Jahren 1987, 1995 und 1999. Das stärkste Beben hatte eine Magnitude $M_w = 4,0$.

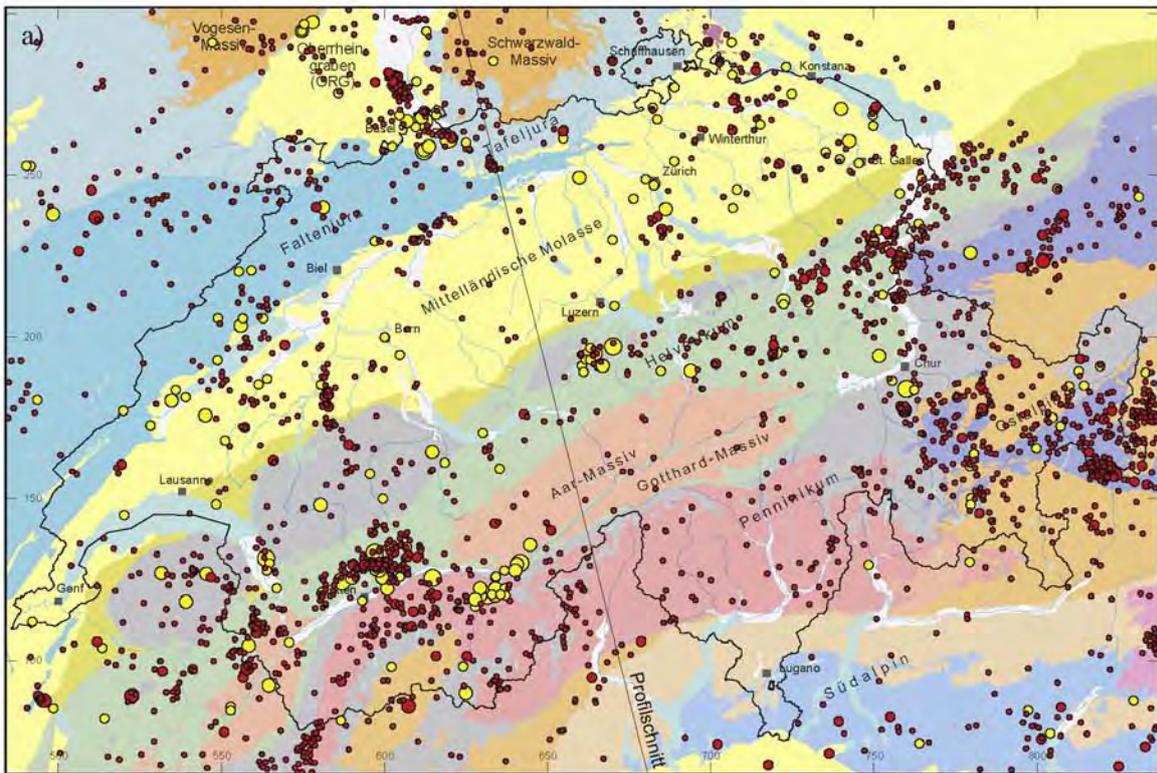
Diese Konzentration von Erdbebenherden liegt in einem schmalen Streifen, der sich nach Norden bis auf die Höhe des Bielersees fortsetzt. Wie weit die nördlichen Beben ursächlich mit den Beben der drei Erdbebenserien bei Fribourg zusammenhängen, ist gemäss Gesuchsteller fraglich. Die Herdtiefen der drei Erdbebenserien liegen im Mittel bei ca. 2 km. Die Herdflächenlösungen deuten auf eine fast reine sinistrale Blattverschiebung entlang einer N-S-orientierten Bruchfläche hin. Die beobachtete Häufung der seismischen Aktivität lässt sich mit bekannten N-S-verlaufenden tektonischen Störungen am Ostrand der Fribourg-Struktur in Verbindung bringen (Fribourg-Zone). Der Gesuchsteller geht davon aus, dass die Fribourg-Zone möglicherweise die Kriterien für eine aktive Störung erfüllt. Er weist aber auch darauf hin, dass sich im Katalog der historischen Beben (makroseismische Daten) diese Zone im Zeitraum von 1 000 n. Chr. bis 1975 nicht als seismisch aktives Gebiet manifestiert.

Bei einem starken Erdbeben kann der Standort durch die folgenden beiden Auswirkungen gefährdet werden: Bodenerschütterungen (vibratorische Gefährdung) und diskrete Oberflächenverschiebungen entlang von tektonischen Störungen (Verschiebungsgefährdung).

Bodenerschütterungen

Für die Beurteilung der Gefährdung durch Bodenerschütterungen am Standort EKKM stützt sich der Gesuchsteller auf die Resultate des Projekts PEGASOS [57]. Ausgewählte Ergebnisse der PEGASOS-Studie finden sich unter den Angaben des Gesuchstellers in Kapitel 4.2.2 des Gutachtens und werden dort beurteilt. Für den Vergleich mit dem geologischen Befund wird hier nur der erste Schritt des Projekts, die seismische Quellencharakterisierung, betrachtet: Um die Seismizität eines Gebiets abzubilden, können so genannte Flächenquellen oder diskrete lineare Störungsquellen, die eine konkrete aktive Störung darstellen, als seismische Quellen definiert werden. In Gebieten von diffus verteilter Seismizität wie in der Schweiz werden meist Flächenquellen verwendet. Eine Flächenquelle steht für einen Bereich der Erdkruste mit einer spezifischen magnitudenabhängigen Erdbebenwiederholungsrate, einer Maximalmagnitude M_{max} und einer Herdtiefenverteilung mit den zugehörigen Unsicherheiten. Innerhalb einer Flächenquelle wird von einer homogenen Verteilung der seismischen Parameter ausgegangen.

Für die PEGASOS-Studie [57] wurde die Seismizität in einem Umkreis von bis zu 300 km um die Kraftwerksstandorte berücksichtigt. Vier Expertengruppen entwickelten aufgrund der zur Verfügung gestellten aktuellen Daten individuelle Quellenmodelle, die aufgrund unterschiedlicher seismotektonischer Hypothesen noch verschieden gewichtete Untermodelle aufwiesen. Mit Ausnahme einer Gruppe modellierten alle PEGASOS-Experten die seismische Aktivität in



Erdbebenkatalog ECOS

ca. 1000 - 1974: Makroseismisch Magnitude M_W

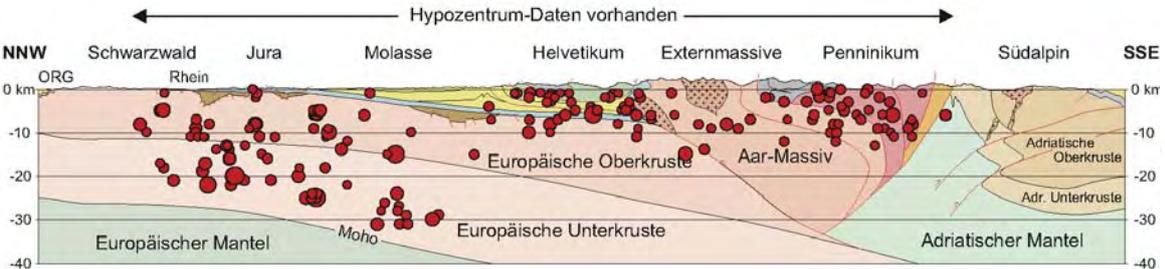
1975 - 2007: Instrumentell Magnitude M_W

● 4 - 5
● 5 - 6
● 6 - 7

● 1.8 - 3
● 3 - 4
● 4 - 5

Tektonische Einheiten

- Vogesen- und Schwarzwald-Massiv
- Mittelländische Molasse, Tertiär des Oberrheingrabens und des Po-Beckens
- Subalpine Molasse
- Tafeljura
- Faltenjura
- Helvetische Sedimentdecken
- Externmassive
- Penninische Sedimentdecken (inkl. Sesia-Zone)
- Penninische Kristallindecken
- Ostalpine Sedimentdecken
- Ostalpine Kristallindecken
- Südalpin, Kristallin
- Südalpin, Sedimente
- Tertiäre Intrusiva (Bergell und Adamello)
- Tertiäre Ergussgesteine (Hegau)



Erdbeben 1975 - 2007: Magnitude M_I

● 2
● 3
● 4

- Molasse, Tertiär des Oberrheingrabens
- Autochthones Mesozoikum
- Permokarbontröge
- Helvetische Sedimentdecken
- Externmassive (Aar & Gotthard)
- Spät- / post-variskische Granite
- Penninische Sedimentdecken
- Penninische Kristallindecken
- Ostalpine Decken (Sesia-Zone)
- Südalpines Tertiär
- Südalpines Mesozoikum

Abbildung 4.1-3: Lage der Erdbeben in der Schweiz und in den angrenzenden Gebieten aus dem Erdbebenkatalog des SED zwischen ca. 1000 und 2007 (Quelle: SIB EKKM)

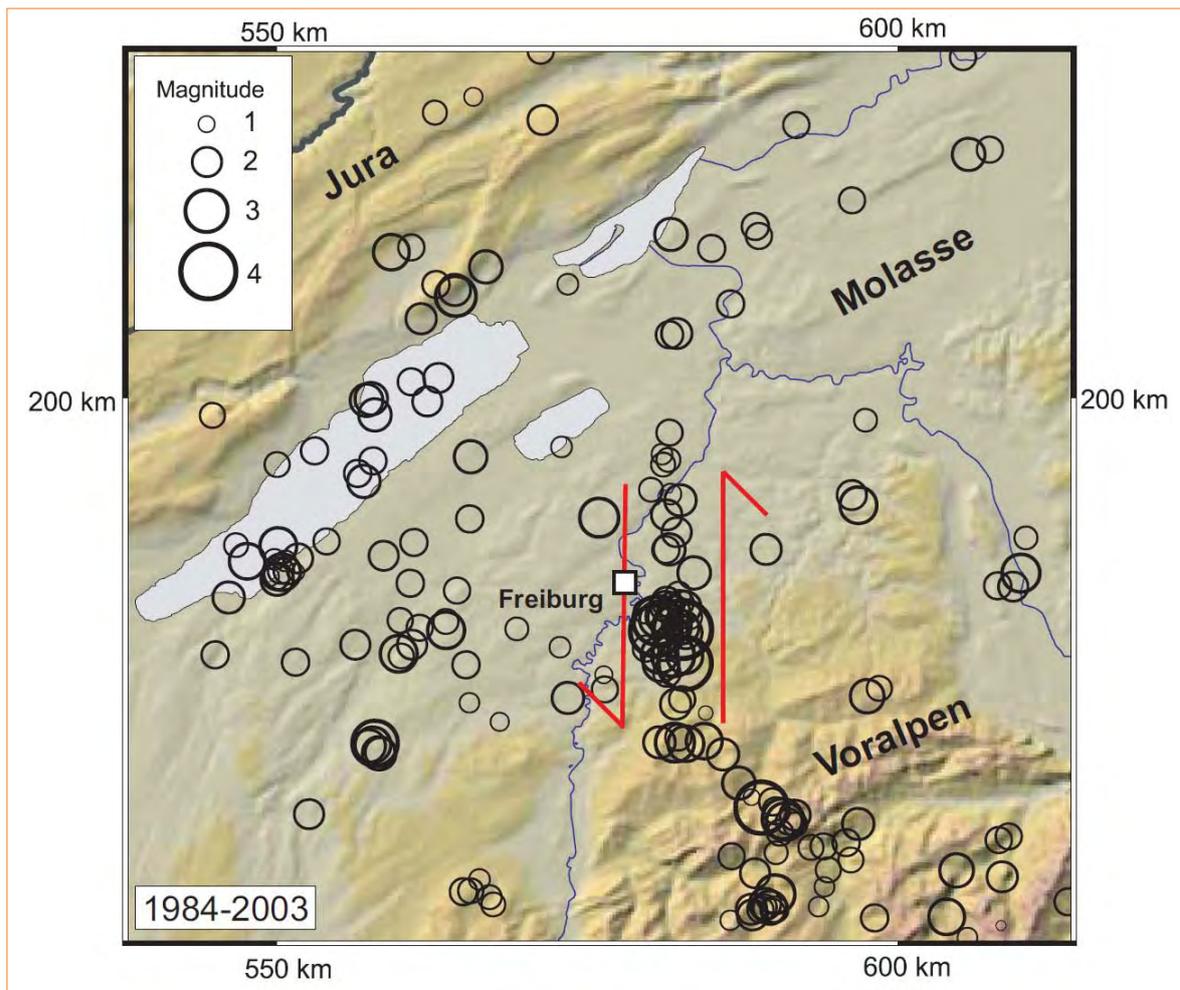


Abbildung 4.1-4: Epizentrenkarte des westlichen Molassebeckens für den Zeitraum von 1984 bis 2003 mit Magnitude $M_w > 1$ (Quelle: SIB EKKM)

Form von Flächenquellen. Eine Gruppe nahm die Fribourg-Zone und die Störung von Reinach als schwach gewichtete Varianten als Störungsquelle ins Modell auf.

Für die Maximalmagnituden (M_{max}) in den einzelnen Quellen wurden Wahrscheinlichkeitsverteilungen angenommen. Mit unterschiedlichen Eintretenswahrscheinlichkeiten gehen alle vier Expertengruppen in den Quellenzonen in der Nordschweiz von Maximalmagnituden bis mindestens 7 aus, drei der vier Gruppen rechnen sogar mit noch höheren M_{max} (siehe Abbildung 3.5-19 im Sicherheitsbericht). Gemittelt über alle Expertengruppen liegt der Medianwert der M_{max} -Verteilungen für diese Quellenzonen bei $M = 6,1$. Die Resultate der Re-Evaluation der seismischen Quellencharakterisierung im Rahmen des Folgeprojekts PRP (siehe Kapitel 4.2.2 des Gutachtens) liegen noch nicht vor.

Der Gesuchsteller äussert sich auch zur seismischen Gefährdung ausgehend von Störungen in der Molasse und in den tieferen Formationen und speziell zum Gefährdungspotenzial der Fribourg-Zone. Die kontrastarmen Sedimente in der Unteren Süsswassermolasse erlauben nur eine schlechte Kartierung der Brüche in dieser Formation. Aufgrund der untiefen Lage und der kleinräumigen Ausdehnung sind diese Störungen aber für die seismische Gefährdung nicht von Belang.

Die Abklärungen der PEGASOS-Experten zeigen, dass die Fribourg-Zone – unabhängig davon, ob sie als aktive Störung eingestuft und wie sie in den Modellen berücksichtigt wird – keinen dominierenden Einfluss auf die seismische Gefährdung im Standortbereich hat. Nach dem PEGASOS-Projekt wurden neue Erkenntnisse gewonnen, die das Bild der Fribourg-Zone modifizieren:

Die vom Gesuchsteller präsentierte Neuinterpretation der reflexionsseismischen Linien der Erdölindustrie zeigt, dass die Fribourg-Zone nur bis in einen Bereich südwestlich von Mühleberg reicht und keine Verbindung mit der westvergente Störung nördlich von Mühleberg besteht («Hermrigen-Struktur»). Die Störungszonen in der Fribourg-Zone bleiben zudem auf die Sedimente beschränkt und zeigen eine «en-échelon»-Anordnung. Eine Neuinterpretation der Herdtiefen der Erdbebenschwärme bei Fribourg ergab zudem eine neue mittlere Herdtiefe von nur noch ca. 2 km. Der Gesuchsteller schätzt deshalb für die maximale Magnitude der Beben an der Fribourg-Zone einen Wert von $M = 4,8$, was tendenziell zu einer Reduktion der Gefährdung der Fribourg-Zone gegenüber den Resultaten im PEGASOS-Projekt führen dürfte.

Selbst wenn tiefer reichende Störungszonen mit grösseren Bruchflächen und damit mit einem grösseren Magnitudenpotenzial angenommen würden, wären solche Starkbeben aufgrund der angenommenen Verteilungen der Maximalmagnituden bereits in den Resultaten der Standortgefährdungen enthalten.

Oberflächenverschiebungen

Die Neuinterpretation der seismischen Linien der Erdölindustrie zeigt gemäss Gesuchsteller auch, dass regionale und lokale Störungen in einem Umkreis von mindestens 2,5 km um den Standort EKKM ausgeschlossen werden können. Da es keine Störungen gibt, die den Grundriss der geplanten Anlage tangieren, kann eine Verschiebungsgefährdung mit grosser Sicherheit ausgeschlossen werden.

Auch die Interpretationen von hoch auflösenden LIDAR-Daten geben im Bereich des EKKM und der Fribourg-Zone keine Hinweise auf neotektonisch aktive Brüche, die sich nacheiszeitlich bewegt haben. Die nächstgelegenen neotektonischen Bewegungen findet man entlang des La-Lance-Bruches am Neuenburgersee. Der Gesuchsteller erwähnt zudem die geringen rezenten Hebungsraten zwischen Bern, Biel und Yverdon der Grössenordnung von 0 bis 0,25 mm/Jahr.

Geplante weitere Untersuchungen

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten für das Baugesuch plant der Gesuchsteller, weitere Studien und Feldarbeiten durchzuführen.

Die Überwachung der (mikro)seismischen Aktivität soll Hinweise auf die Lage aktiver Schwäche-zonen und den aktuellen Spannungszustand der Erdkruste geben. Deshalb wird das bestehende Erdbebennetz des Schweizerischen Erdbebendienstes verdichtet werden. Es ist geplant, im Mittelland und im Jura zusammen mit der NAGRA ca. 20 zusätzliche Registrierstationen aufzustellen, wobei je ca. vier Stationen in der Nähe der Kernkraftwerke aufgestellt werden. Diese Verdichtung der Stationen wird erlauben, Mikrobeben bis zu einer Magnitude von 1,0 zu erfassen.

Um das Verständnis der Fribourg-Zone weiter zu verbessern, wird der Gesuchsteller auch die Resultate einer Seismizitätsstudie der Universität Fribourg im Bereich der Fribourg-Zone verwenden und beurteilen.

Mit den Resultaten der PRP-Studie wird gewährleistet, dass bis zum Baugesuch hin die neue Anlage auf eine aufdatierte Prognose der maximal zu erwartenden Bodenbeschleunigungen ausgelegt werden kann.

Beurteilungsgrundlagen

Die Anforderungen an die Erdbebensicherheit der Kernanlagen sind in Art. 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Die Umsetzung dieser Anforderungen erfordert weitere Beurteilungsgrundlagen, die in internationalen Regelwerken dokumentiert sind. Auf Stufe Rahmenbewilligungsgesuch ist die Gefährdungsspezifikation massgebend. Diese wird im IAEA Safety Guide NS-G-3.3 [110] geregelt, der im Jahr 2010 voraussichtlich durch NS-G-3.7 [111] ersetzt wird. In diesen Regelwerken sind auch die Vorgaben (Art und Untersuchungstiefe) zur Bereitstellung der notwendigen Datengrundlage enthalten.

Für die aktualisierte Bestimmung der standortspezifischen Erdbebengefährdung hat das ENSI gefordert, dass die in den USA entwickelte Methodik des Senior Seismic Hazard Analysis Committee [62] entsprechend dem dort definierten Level 4 angewandt wird.

Beurteilung des ENSI

Seismizität

Aufgrund der in der PEGASOS-Studie bestehenden ausserordentlichen Datenfülle stellt der Gesuchsteller die verwendeten seismischen und seismotektonischen Datengrundlagen im Sicherheitsbericht nur exemplarisch dar. Die darauf aufbauende Auswertung der Seismizität in der PEGASOS-Studie wird durch das ENSI im Zusammenhang mit der Erdbebengefährdung in Kapitel 4.2.2 des Gutachtens beurteilt. Aus Sicht des ENSI sind die wichtigsten Aussagen zur Seismizität der Standortregion und insbesondere auch zu den neusten Interpretationen der drei Erdbebenreihen östlich der Stadt Fribourg vorhanden. Das ENSI beurteilt die diesbezüglichen Angaben des Gesuchstellers als korrekt. Das SSHAC-Level-4-Verfahren [62] stellt zudem sicher, dass aktuelle Daten verwendet wurden und dass alle relevanten in der Fachwelt diskutierten seismotektonischen Modelle und Vorstellungen mit den entsprechenden Gewichtungen berücksichtigt sind.

Bodenerschütterungen

Das ENSI anerkennt, dass die PEGASOS-Studie zu den umfassendsten und modernsten ihrer Art auf der Welt gehört, um die durch Erdbeben verursachte Gefährdung durch Bodenerschütterungen zu beurteilen und Grundlagen für die Bemessung der Gebäude und Anlageteile zu erhalten. Die vom ENSI akzeptierte Studie stützte sich auf alle zum Studienzeitpunkt verfügbaren seismischen, tektonischen, seismotektonischen und geodynamischen Daten. Bezüglich Datengrund-

lage und Methodik sind damit auch die Empfehlungen des IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3 [110] für die Beurteilung der Erschütterungsgefährdung abgedeckt.

Die Erschütterungsgefährdung durch Erdbeben am Standort EKKM ist zum jetzigen Zeitpunkt durch die Verwendung der PEGASOS-Daten für Mühleberg hinreichend dargestellt. Das ENSI kann sich bezüglich der von der Fribourg-Zone ausgehenden seismischen Gefährdung grundsätzlich der Argumentation anschliessen, nach der diese Störungszone kein Potenzial eines Erdbebens hat, das nicht bereits durch die in der PEGASOS-Studie ermittelten Gefährdungsergebnisse abgedeckt wäre. Aus Sicht des ENSI ist die Fribourg-Zone nicht eindeutig nur als Struktur im Deckgebirge nachzuweisen, auch wenn sich die rezent gemessenen Erdbeben auf die entsprechenden Tiefen beschränken. Die Fortsetzung dieser Störung gegen Norden ist ungewiss, und die Darstellung in [33] ist mit einer grossen Unsicherheit verbunden (siehe dazu die Ausführungen in Kapitel 4.1.6.1 des Gutachtens).

Die Neuinterpretation der reflexionsseismischen Profile der Erdölindustrie durch den Gesuchsteller [58] bestätigt die Annahme von Mosar in [40], dass sich die Störungen der Fribourg-Zone auf den Bereich der mesozoisch-tertiären Sedimente über den triassischen Evaporiten konzentrieren und durch diesen Abscherhorizont vom Grundgebirge getrennt sind. Die Neuinterpretation, dass es sich um eine Abfolge kleinerer NNE-SSW-streichender Störungssegmente handelt, ist aus Sicht des ENSI teilweise fragwürdig und bei einem starken Erdbeben vermutlich irrelevant, da die Ruptur zwischen den Segmenten springen würde (siehe Kapitel 4.1.6.1). Das ENSI ist jedoch mit der Aussage einverstanden, dass die zur Fribourg-Zone gehörenden Störungen nur bis ca. 6 km südwestlich von Mühleberg festgestellt werden können und weiter gegen Norden auf den vorhandenen seismischen Linien keine nachweisliche Verbindung mit der nördlich von Mühleberg beginnenden «Hermrigen-Struktur» zeigen. Selbst unter der Annahme einer durchgehenden Störung (und einer Ausdehnung in das kristalline Grundgebirge) sind die von einer solchen Fribourg-Zone ausgehenden Beben in den Gefährdungsergebnissen für Bodenerschütterungen der PEGASOS-Studie enthalten.

In den reflexionsseismischen Daten konnte keine unmittelbare Verknüpfung von Strukturen in den mesozoischen Schichtabfolgen mit Strukturen im Grundgebirge beobachtet werden. Bezüglich möglicher Störungen im Grundgebirge lassen die reflexionsseismischen Daten aber keine klaren Aussagen zu. Die von Mosar [40] vorgeschlagenen seismischen Interpretationen gehen davon aus, dass für die tektonische Entwicklung des Deckgebirges signifikante Strukturen in der Oberfläche des Kristallins vorhanden sind. Eindeutige Permokarbon-Sedimente lassen sich nur im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets erkennen [58]. Die in der PEGASOS-Studie verwendeten Verteilungen der Maximalmagnituden decken aber die gemäss heutigem Kenntnisstand zu erwarteten Maximalmagnituden von potenziellen Erdbeben im Grundgebirge ab.

Oberflächenverschiebungen

Die Verschiebungsgefährdung an den einzelnen Standorten war nicht Gegenstand der PEGASOS-Studie. Der Gesuchsteller schliesst eine Verschiebungsgefährdung am Standort «mit grosser Sicherheit» aus, da keine Störungen bekannt sind, die den Grundriss der Anlage tangieren. Aus Sicht des ENSI stellen die grossräumigen regionalen Hebungsraten von 0 bis 0,25 mm/Jahr

keine Gefährdung für Gebäude und Anlageteile dar. Aufgrund der heute bekannten Informationen zur Störungsverteilung im Bereich des künftigen Anlagenstandorts (siehe Kapitel 4.1.6.1) ist diese Schlussfolgerung auch aus Sicht des ENSI nachvollziehbar.

In der näheren Umgebung des Standorts sind gemäss Aussage des Gesuchstellers auch Untersuchungen mit LIDAR durchgeführt worden; es sind aber keine Hinweise auf differenzielle neotektonische Bewegungen entlang von Störungen gefunden worden. Zur fehlenden Zugänglichkeit der entsprechenden Berichte hat das ENSI in Kapitel 4.1.6.1 einen Hinweis formuliert.

Geplante weitere Untersuchungen

Der vorgeschlagene Standort für das EKKM liegt gemäss den Ergebnissen des PEGASOS-Projekts in einem Gebiet mit geringer seismischer Aktivität; es liegen deshalb nur wenige diesbezügliche Messergebnisse und Daten vor. Die Aussagekraft der wenigen gemessenen seismischen Daten ist daher beschränkt, und die diesbezügliche Datenbasis soll anhand einer Erweiterung des Messnetzes für Mikroseismizität erweitert werden. Das ENSI formuliert deshalb den folgenden Auflagenvorschlag sowie einen Hinweis:

Auflage 3:

Die von der EKKM AG vorgeschlagene Verdichtung des Mikrobennetzes des SED ist unverzüglich zu implementieren, damit für die folgenden Bewilligungsschritte Messreihen über eine längere Zeitperiode zur Verfügung stehen.

Hinweis 5:

Mit Einreichen des Gesuchs zur Baubewilligung ist von der EKKM AG das Vorgehen zu erläutern, wie die Baugrube bezüglich Hinweise auf neotektonische Bewegungen untersucht werden wird.

4.1.7 Netzanbindung

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller beabsichtigt, das EKKM in das schweizerische Hochspannungsnetz einzubinden sowie im Falle von Beeinträchtigungen des Netzes die Versorgung des EKKM durch interne Notstromversorgungssysteme sicherzustellen.

Im Sicherheitsbericht wird für das EKKM eine elektrische Leistungsklasse von 1 450 MW mit einer Toleranz von rund +/- 20 % angegeben. Damit beträgt die abzugebende elektrische Leistung maximal rund 1 740 MW.

Ergänzend zu den für das EKKM spezifischen Angaben wird in Kapitel 3.7.1 des Sicherheitsberichts festgehalten, dass der Standort Mühleberg bereits heute einer der bedeutendsten Knotenpunkte im schweizerischen Höchstspannungsnetz ist und dass das Transportnetz rund um Mühleberg durch die geplanten Vorhaben gemäss Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL) weiter ergänzt wird, um die geforderte Netzstabilität im Raum Bern-Mittelland zu gewährleisten. Damit sind die Voraussetzungen gegeben, um auch die elektrische Energie einer neuen Anlage ableiten zu können.

In Kapitel 2.3.2 des Sicherheitsberichts werden zwei vom Neubauprojekt EKKM unabhängige Projekte erwähnt. Erstens wird für die Erhöhung der Netzstabilität im Raum Espace Mittelland die Schaltanlage West (Unterstation UST West) in die Nähe des Wasserkraftwerks Mühleberg verlegt und dort in die neue Unterstation Mühleberg Ost (UST Ost) integriert, in der sich auch der neue Netzknoten 380 kV befinden wird. Diese Arbeiten sollen laut aktueller Planung bis ca. 2015 durchgeführt sein. Die 380-kV-Anbindung ist auch ohne die Realisierung des EKKM notwendig (siehe Ausführungen zur gegenwärtigen Netzstabilität). Zweitens ist später die Verlegung der Zentralen Netzleitstelle (ZLS) der BKW geplant. In Kapitel 3.7.3 wird ein drittes Projekt erwähnt, dessen Bewilligungsverfahren im Gang ist: Eine zusätzliche 220-kV-Leitung von Mühleberg nach Wattenwil soll primär der besseren Anbindung von regionalen Wasserkraftwerken an das Höchstspannungsnetz dienen.

Die EKKM AG legt in den Kapiteln 3.7.1 und 3.7.2 die ab 2015 vorgesehene Netztopologie mit der UST Ost und die vorgesehene Ableitung der elektrischen Energie aus dem EKKM dar. Die Energie aus dem EKKM wird vom Maschinentransformator über eine unterirdische 380-kV-Verbindung an die UST Ost abgeben, wo sie ins Höchstspannungsnetz eingespeist wird. Die zwei Netzebenen 380 kV und 220 kV des Höchstspannungsnetzes sind in der UST Ost über einen Transformator gekoppelt, ein zweiter Transformator kann bei Bedarf eingebaut werden (siehe Ausführungen weiter unten). Die Netzstruktur mit den geplanten 380-kV-Leitungen Mühleberg-Bassecourt und Mühleberg-Romanel sowie das 220-kV-Netz mit seinen gegenwärtig sieben 220-kV-Leitungen ab Mühleberg (drei Doppelleitungen und eine Einfachleitung) garantiert eine sichere Ableitung der elektrischen Energie aus dem EKKM. Grundsätzlich erfolgt die Ableitung auf der 380-kV-Netzebene, im Unterschied zum bestehenden KKM mit Ableitung auf der 220-kV-Netzebene. Für die Beurteilung des für den sicheren Abtransport der Energie kritischen Falls (N-1-Fall) ist der Ausfall einer 380-kV-Leitung massgebend. Fällt eine der beiden 380-kV-Leitungen Richtung Bassecourt oder Romanel aus, so wird die Energie über die verbleibende 380-kV-Leitung und über einen Teil der 220-kV-Stränge abgeleitet. Der Abtransport von maximal 1 800 MW ist auf dem 220-kV-Netz möglich, wenn in der UST Ost ein zweiter 380/220-kV-Trafo für 800 bis 1 200 MW installiert wird. Der dafür notwendige Platz und die Abgänge sind eingeplant.

In Kapitel 3.7.3 geht die EKKM AG auf die Netzstabilität am Standort ein. Die Aussagen beziehen sich dabei auf die heutige Netztopologie ohne den geplanten Anschluss des Netzknotens Mühleberg an das 380-kV-Netz. In den letzten Jahren waren am 220-kV-Netzknoten Mühleberg relativ starke Spannungsschwankungen zwischen 230 und 247 kV zu beobachten. Sie waren besonders ausgeprägt während der Revision des KKM, weil dann die Blindproduktion des KKM zur Spannungshaltung nicht zur Verfügung steht, welche sonst die Spannungsschwankungen reduziert. Ausschaltungen sind in diesem Zeitraum keine aufgetreten. Die Spannung der Netzebene 220 kV folgt einem typischen wöchentlichen und saisonalen Verlauf. Durch die geplante Anbindung des Netzknotens Mühleberg an das 380-kV-Netz soll dieser ab etwa 2015 weiter geglättet werden, sodass eine deutliche Verbesserung der Situation zur Zeit der Realisierung des EKKM erwartet werden kann.

Am Schluss des Kapitels 3.7.3 wird die Verfügbarkeit der Unterstationen 220 kV und 132 kV am Standort Mühleberg dargelegt. Aus der Statistik der letzten 10 Jahre ist ersichtlich, dass

sowohl die zwei 220-kV-Unterstationen (UST Ost und West) als auch die 132-kV-Unterstation (West) eine sehr hohe Verfügbarkeit ausweisen und die Nichtverfügbarkeiten praktisch ausschliesslich durch Instandhaltung bedingt waren.

In den Kapiteln 3.7.4 und 3.7.5 behandelt der Gesuchsteller die Qualität der Stromversorgungseinrichtungen und die Vorkehrungen gegen externe Ereignisse am Standort, einschliesslich der Sicherstellung des Eigenbedarfs und der Notstromversorgung für das EKKM. Die UST Ost wird nach den Qualitätsvorgaben des Eidgenössischen Starkstrominspektorats realisiert und von diesem bewilligt. Die Anlage verfügt insbesondere über Blitz- und Überspannungsschutz sowie über eine adäquate Erdung. Schutz und Steuerung werden in getrennten Geräten realisiert, und das gesamte Schutzsystem wird redundant aufgebaut. Zudem wird das Areal der neuen Anlage auf > 467 m ü. M. angehoben; dadurch ergibt sich ein weitgehender Schutz gegen Hochwasser. Während bzw. nach externen Ereignissen wie Hochwasser, Blitz, OBE (Erdbeben ohne Betriebsunterbruch) steht die UST Ost mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter zu Verfügung.

Der Eigenbedarf des EKKM kann vom kraftwerkseigenen Generator oder ab der Hochspannungsebene 132 kV gedeckt werden. Die 132-kV-Anspeisung erfolgt 2-strängig ab der UST Ost. Die 132-kV-Ebene kann ab der 220-kV-Ebene versorgt werden. Zwei 220/132-kV-Transformatoren mit einer Kapazität von je 400 MVA sind geplant. Die 220-kV-Ebene ist ihrerseits wieder mit der 380-kV-Ebene gekoppelt. Von der 380-kV-Ebene kann auch direkt über den Maschinentransformator eingespeist werden.

Im Hinblick auf die Notstromversorgung, die beim Ausfall aller externen Netzanschlüsse nötig ist, lässt die EKKM AG mit einem generellen Hinweis auf verschiedene aktuelle Reaktortypen und -systeme offen, welches der Umfang der 1E-klassierten qualifizierten Notstromeinrichtungen sein wird. Es werden zwei Varianten beschrieben: Die Reaktorsysteme mit aktiven Abfahr- und Nachkühlsystemen basieren auf mehreren Divisionen mit sicherheitsklassierten Wechselstromversorgungen durch Dieselgeneratoren. Reaktorsysteme mit passiven Abfahr- und Notkühlsystemen verfügen zu deren Steuerung über sicherheitsklassierte batteriegepufferte Gleichstromversorgungssysteme sowie über nicht sicherheitsklassierte Dieselgeneratoren. Die konkreten Lösungen werden im Gesuch zur Baubewilligung beschrieben.

Das bestehende Wasserkraftwerk Mühleberg (und auch der geplante Ersatz) ist aufgrund seiner geringen Leistung höchstens in auslegungsüberschreitenden Fällen (z.B. für die Sicherstellung einer längerfristigen Nachwärmeabfuhr) als zusätzliche Notstromquelle vorgesehen.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zur Netzanbindung sind die allgemeinen Grundlagen in Art. 7 KEV (Anforderungen an die nukleare Sicherheit), in Art. 8 KEV (Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle), in Art. 10 KEV (Grundsätze für die Auslegung von Kernkraftwerken) sowie in Art. 23 KEV (Gesuchsunterlagen für eine Rahmenbewilligung). Speziell zur elektrischen Versorgung sind Anforderungen enthalten in der Richtlinie HSK-R-101 ([98], Kapitel 5, Auslegungskriterien für die elektrische Stromversorgung).

Beurteilung des ENSI

Die aktuellen Gegebenheiten und geplanten Veränderungen im Bereich Netzanbindung des EKKM werden im Sicherheitsbericht vollständig und zweckmässig beschrieben. Die erwähnten separaten Projekte (Verlegung der Unterstation West mit Einbindung in die UST Ost sowie Ausbau der UST Ost mit direktem Anschluss des Netzknotens Mühleberg an das 380-kV-Netz, Verlegung der Zentralen Netzleitstelle der BKW, zusätzliche 220-kV-Leitung ab Mühleberg) sind nicht Gegenstand der vorliegenden ENSI-Beurteilung, mit Ausnahme der ab 2015 vorgesehenen neuen 380-kV-Anbindungen.

Die zuverlässige und sichere Anbindung des EKKM an die bestehenden Höchstspannungsnetze kann mit dem ab etwa 2015 vorausgesetzten Stand grundsätzlich gewährleistet werden. Dies gilt sowohl für die Einspeisung der erzeugten elektrischen Energie ins 380-kV-Netz als auch für die Sicherstellung der Eigenbedarfsversorgung aus dem Netz, wenn der Generator nicht verfügbar ist.

Die geplante externe Eigenbedarfsversorgung (Netzanschlüsse) wird die gesetzlichen Anforderungen und den Stand der Technik vom Redundanzgrad her erfüllen. Einerseits kann diese Stromversorgung durch zweifache Einkopplung auf die Eigenbedarfsschienen ab der Höchstspannungsebene 380 kV (mit Rückfallebene auf die 220-kV-Leitungen bei Ausfall des 380-kV-Netzes) erfolgen. Andererseits kann der Eigenbedarf auch aus dem regionalen 132-kV-Netz (ebenfalls mit doppelter Einkopplung auf die Eigenbedarfsschienen) gedeckt werden. Auch in diesem Fall steht das 220-kV-Netz als Rückfallebene zur Verfügung.

Die Unabhängigkeit der zwei beschriebenen Netzanbindungen (380 kV und 132 kV) für EKKM wie auch die Unabhängigkeit von KKM und EKKM wird vom ENSI als ausreichend betrachtet. Eine Störung eines der Netze, eine Störung im KKM oder eine Störung im EKKM führt gemäss den beschriebenen Netzanschlüssen und Schutzmassnahmen sowie den dargestellten grafischen Unterstations-Schemata (KKM speist ins 220-kV-Netz, EKKM wird ins 380-kV-Netz speisen, redundante Sammelschienen mit entsprechenden Kuppelschaltern, redundantes Schutzsystem der Unterstation Mühleberg) nicht zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der jeweils anderen Einrichtungen und insbesondere nicht zu einer Gefährdung der nuklearen Sicherheit.

Aufgrund der Transportkapazität des geplanten 380-kV- und des bestehenden 220-kV-Netzknotens Mühleberg im Zusammenspiel mit der engen Vermaschung und Ausregelfähigkeit des Netzes ist bei einer Störung im EKKM mit der maximalen elektrischen Transiente (Lastabwurf auf Eigenbedarf) aus Sicht des ENSI nicht mit einer unzulässigen Beeinträchtigung des Netzes und des Verbundbetriebs zu rechnen. Damit werden insbesondere auch keine Transienten in anderen Kernkraftwerken ausgelöst.

Der Totalausfall der externen Stromversorgungen wird laut der EKKM AG beherrscht durch eine entsprechend ausgelegte interne Notstromversorgung, für die je nach Reaktortyp unterschiedliche konzeptuelle Ansätze vom Gesuchsteller verfolgt werden. Die längerfristige Notversorgung kann im Rahmen des Accident Management gegebenenfalls (unterstützend) brennstoffunabhängig durch Einspeisungen aus dem Wasserkraftwerk Mühleberg erfolgen. Die Notverbindungsmaßnahmen, die gemäss Richtlinie HSK-R-101 [98] Kapitel 5.3.2 im Voraus geplant und vorbereitet werden müssen, sind in den Gesuchsunterlagen für die Baubewilligung detailliert

darzulegen. Für die Beurteilung der Standorteignung im Rahmenbewilligungsverfahren sind diese Auslegungskonzepte der internen Notstromversorgung jedoch noch nicht relevant.

Insgesamt stellt das ENSI fest, dass die konzeptuell beschriebenen Massnahmen für die Notstromversorgung die gesetzlichen Anforderungen und den Stand der Technik grundsätzlich abdecken, wobei die Details der Auslegung im Baubewilligungsverfahren darzulegen sind.

4.1.8 Infrastruktur Brandschutz

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller behandelt im Sicherheitsbericht den Brandschutz für das EKKM und die dafür vorgesehene Infrastruktur. In Kapitel 3.6.5 wird auf Brand als Störfall mit Ursprung innerhalb oder ausserhalb der Anlage eingegangen. Der Gesuchsteller erwähnt, dass gemäss Richtlinie HSK-R-30 [96] ein Brandschutzkonzept als Teil der Gesuchsunterlagen zum Baubewilligungsgesuch eingereicht wird.

Im selben Kapitel wird darauf hingewiesen, dass am Standort eine voll ausgerüstete Feuerwehr zur Verfügung sein wird. Es werden auch die Möglichkeiten dargelegt, bei einem grösseren Brandfall zusätzliche, externe Unterstützungselemente zuziehen zu können.

In den Kapiteln 3.2 und 3.6 geht der Gesuchsteller auf spezielle Gefährdungen durch Industrieanlagen, Verkehrswege und übrige externe Ereignisse ein, die zu Brandereignissen führen können. Die entsprechenden Berechnungen und Sicherheitsnachweise werden in den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch erbracht.

Die EKKM AG weist in Kapitel 2.4.4 des Sicherheitsberichts zum Thema Notkühlung auf das zu erstellende Wasserreservoir mit einem Fassungsvermögen von einigen Tausend Kubikmetern hin, das unweit der neuen Anlage auf einer Höhe von ca. 50 m über dem Anlage-Nullniveau errichtet wird und das für die Löschwasserversorgung bei einem Brand verwendet werden könnte.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zum Brandschutz sind die allgemeinen Grundlagen in Art. 7 KEV (Anforderungen an die nukleare Sicherheit), in Art. 8 KEV (Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle), in Art. 10 KEV (Grundsätze für die Auslegung von Kernkraftwerken) sowie in Art. 23 KEV (Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung). Zudem sind Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen in der Richtlinie HSK-R-50 [97] enthalten.

Beurteilung des ENSI

Auf die Gefährdung durch Brände, die auch als Folge von externen Ereignissen auftreten können, geht der Gesuchsteller ausführlich ein und kann aufzeigen, dass am gewählten Standort die geforderte Sicherheit mit geeigneten Massnahmen erreicht werden kann.

Mit der Werksfeuerwehr und den diversen Feuerwehren in der näheren Umgebung des Standorts, welche bei Bedarf zugezogen werden können, stehen im Anforderungsfall genügend Einsatzkräfte zur Verfügung.

Die EKKM AG geht in den eingereichten Unterlagen nicht auf die aktuellen Gegebenheiten im Bereich der Löschwasserversorgung ein. Die Verfügbarkeit von Flusswasser ergibt sich jedoch automatisch aus dem Standort an der Aare. Bezüglich der geplanten Veränderungen wird einzig angegeben, dass das zu erstellende Wasserreservoir auch für die Brandbekämpfung verwendet werden könnte. Mit einer geplanten Kapazität von einigen Tausend Kubikmetern stellt es eine grosse Löschwasserreserve dar. Detaillierte Angaben zur Löschwasserversorgung sind Teil des mit dem Baubewilligungsgesuch einzureichenden Brandschutzkonzepts.

4.2 Standortspezifisches Gefährdungspotenzial

In Kapitel 4.2 werden folgende standortspezifische Gefährdungen, die sich durch externe Ereignisse ergeben können, behandelt:

- Gefährdungen, für die gemäss UVEK-Verordnung [15] oder Richtlinie ENSI-A05 [90] eine probabilistische Gefährdungsanalyse im Rahmen einer Baubewilligung¹ durchzuführen ist und für die im Rahmenbewilligungsgesuch schon Angaben vorliegen. Konkret sind dies die Gefährdungen Erdbeben (Kapitel 4.2.2), externe Überflutung (Kapitel 4.2.3), Flugzeugabsturz (Kapitel 4.2.4) sowie extreme Winde und Tornados (Kapitel 4.2.5). Unter einer probabilistischen Gefährdungsanalyse wird hier die Analyse zur Bestimmung der Gefährdungshäufigkeit verstanden.
- Weitere Gefährdungen, deren Gefährdungspotenzial im Sicherheitsbericht primär deterministisch bestimmt wird. Dies sind «Blitzschlag», «Explosion», «Externe Brände», «Verstopfung von Flusswasserfassungen» sowie «Vereisung von Komponenten». Diese Gefährdungen werden in Kapitel 4.2.6 behandelt.

Die Auswahl der vom Gesuchsteller betrachteten Gefährdungen wird vom ENSI in Kapitel 4.2.1 bewertet. Anschliessend werden in den Kapiteln 4.2.2 bis 4.2.6 die in den probabilistischen Gefährdungsanalysen verwendeten Methoden und Resultate beurteilt. Dabei wird insbesondere bewertet, ob die Ergebnisse der vorliegenden Analysen die Machbarkeit einer Auslegung gegen diese Gefährdungen in Frage stellen. In Kapitel 4.3 werden die Ergebnisse der Überprüfung durch das ENSI zusammengefasst.

4.2.1 Auswahl der Ereignisse und Gefährdungen

Angaben des Gesuchstellers

Ausgehend von der Kernenergieverordnung und unter Einbezug internationaler Standards [59], [60], [61] und [107] zur Überprüfung der Vollständigkeit der betrachteten Gefährdungen präsentiert der Gesuchsteller in Kapitel 3.6.2 des Sicherheitsberichts eine Liste von externen Ereignissen, welche zu einem Störfall mit Ursprung ausserhalb der Anlage führen können. Diese Liste enthält hauptsächlich industriell/verkehrstechnisch, meteorologisch, hydrologisch oder seismisch bedingte Gefähr-

¹ Eine probabilistische Gefährdungsanalyse ist gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens durchzuführen. Für einige Gefährdungen hat der Gesuchsteller bereits Analysen zur Gefährdungshäufigkeit durchgeführt, die er im Rahmen der späteren Bewilligungsverfahren aktualisieren und vervollständigen will.

dungen und deren Auswirkungen. Ferner werden in Kapitel 3.6.3 drei Gefährdungen betrachtet, welche aus potenziell kausal zusammenhängenden Ereignissen bestehen. In den Unterkapiteln der Kapitel 3.6.2 und 3.6.3 werden die aufgelisteten Ereignisse einzeln diskutiert, wobei allenfalls auf die entsprechenden Standorteigenschaften (Kapitel 3.2 bis 3.5) verwiesen wird. Bei jedem Ereignis wird festgehalten, ob es für die Auslegung der Anlage berücksichtigt wird oder nicht.

Für die folgenden Gefährdungen wird eine Analyse der Gefährdungshäufigkeit durchgeführt:

- Erdbeben
- Überflutung
- Flugzeugabsturz
- extreme Winde und Tornados
- minimale und maximale Lufttemperaturen
- starke Niederschläge
- Schneelasten
- Blitzschlag
- minimale Flusswasserführung
- Meteoriteneinschlag
- Verlust der externen Stromversorgung

Mit Ausnahme des Meteoriteneinschlags, welcher aufgrund der geringen Häufigkeit ($6,0 \times 10^{-8}$ pro Jahr) vom Gesuchsteller von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wird, werden all diese Gefährdungen in der Anlagenauslegung berücksichtigt.

Beurteilungsgrundlagen

Grundlage für die Prüfung der Auswahl der zu betrachtenden Gefährdungen ist die Kernenergieverordnung. In Art. 8 Abs. 3 KEV werden die externen Störfälle genannt, gegen die Schutzmassnahmen zu treffen sind. In Art. 5 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] sowie in Kapitel 4.6 der Richtlinie ENSI-A05 [90] werden die zu analysierenden Gefährdungen bezüglich Art und Umfang noch präzisiert. Weiter enthalten die IAEA Safety Requirements No. NS-R-3 «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107] Anforderungen an die Auswahl und Analyse externer Ereignisse.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI erachtet die von der EKKM AG in Kapitel 3.6 des Sicherheitsberichts dargelegte Auswahl an betrachteten Ereignissen für die Ermittlung der standortspezifischen Gefährdung als vollständig. Das vom Gesuchsteller durchgeführte Auswahlverfahren ist geeignet, um aus den betrachteten Ereignissen die standortrelevanten Gefährdungen zu ermitteln. Die Bestimmungen des schweizerischen Regelwerks für Kernanlagen und die weiteren einschlägigen Grundlagen für diese Auswahl werden vom Gesuchsteller berücksichtigt. Die diesbezüglichen Anforderungen an das Rahmenbewilligungsgesuch sind damit erfüllt.

Die oben erwähnten Gefährdungen werden mit Ausnahme des Meteoriteneinschlags, der gemäss Richtlinie ENSI-A05 [90] nicht zu betrachten ist, in Kapitel 4.2 des vorliegenden Gutach-

tens vom ENSI bewertet. Probabilistische Gefährdungsanalysen sind erst im Rahmen eines Baubewilligungsverfahrens durchzuführen und werden in Kapitel 4.2 soweit vorliegend beurteilt.

Gefährdungen, die aus potenziell kausal zusammenhängenden Ereignissen bestehen, werden nachfolgend beurteilt. Dabei handelt es sich um die Gefährdungskombinationen «ausserordentlich raue Winterbedingungen» mit Schnee(-verwehungen), niedrigen Temperaturen und Vereisung sowie «ausgeprägt harte Sommerbedingungen» mit hohen Temperaturen, Trockenheit, Waldbrand und niedrigem Flusswasserstand. Dazu hält der Gesuchsteller in Kapitel 3.6.3 des Sicherheitsberichts fest, dass diese Ereignisse schliesslich zu einem Verlust der externen Wasserversorgung und ggf. der externen Stromversorgung führen können. Gegen diese Folgeereignisse wird die Anlage EKKM ausgelegt. Das ENSI erachtet die diesbezüglichen Aussagen und Folgerungen der EKKM AG als korrekt. Die Bewertung dieser Gefährdungen ist bezüglich Umfang und Detaillierungsgrad hinreichend für das Rahmenbewilligungsgesuch. Das ENSI ist der Auffassung, dass weitere Gefährdungen (wie zum Beispiel Überflutung durch erdbebenbedingten Staumauerbruch und Nachbeben) durch die erforderliche Auslegung der Anlage gegen Erdbeben, Hochwasser, Verlust der externen Kühlwasserzufuhr, Treibstoffbrand und Verlust der externen Stromversorgung beherrscht werden. Ferner sind die potenziellen Gefährdungen durch ausserordentliche Winter- und Sommerbedingungen keine plötzlich auftretenden Ereignisse, sondern sie entwickeln sich über einen längeren Zeitraum. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass in diesen Fällen falls erforderlich weitere betriebliche Massnahmen möglich sind, um diesen Gefährdungen entgegenzuwirken. Die Standorteignung wird deshalb nicht in Frage gestellt.

Das ENSI stellt insgesamt fest, dass der Gesuchsteller den Umfang der zu betrachtenden Gefährdungen vollständig und im Einklang mit dem Schweizer Regelwerk sowie mit den Anforderungen der IAEA [107] berücksichtigt hat.

4.2.2 Erdbeben

Angaben des Gesuchstellers

Im Sicherheitsbericht hat die EKKM AG die standortspezifische Gefährdung durch Erdbeben im Kapitel 3.5.3 «Seismologie und standortspezifische Erdbebengefährdung» dargelegt. Bei der Beurteilung der Gefährdung durch Bodenerschütterungen am Standort EKKM stützt sich der Gesuchsteller auf die Resultate des Projekts PEGASOS («Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz», [57]). Diese probabilistische Analyse wurde in den Jahren 2001–2004 nach einer Methodik [62] durchgeführt, die im Auftrag der amerikanischen Aufsichtsbehörde (U.S.NRC) und weiterer US-Institutionen vom «Senior Seismic Hazard Analysis Committee» (SSHAC) entwickelt worden war. PEGASOS wurde gemäss der anspruchsvollsten, als «SSHAC Level 4» bezeichneten und für sicherheitstechnisch besonders bedeutsame Anlagen empfohlenen Variante dieser Methodik durchgeführt. Ziel der SSHAC-Level-4-Methodik ist es, zu jeder für die Gefährdungsberechnung relevanten Frage das Spektrum der in der Fachwelt vorherrschenden Hypothesen und Meinungen inklusive der zugehörigen Unsicherheiten möglichst realistisch abzubilden. Die SSHAC-Empfehlungen zeigen Regeln und Prozeduren auf, wie dieses Ziel durch formelle Expertenbefragung zu erreichen ist. Den üblichen Hauptschritten

einer probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse entsprechend wurde das Projekt in vier Teilprojekte gegliedert:

- **Seismische Quellenmodelle:** In diesem Teilprojekt erarbeiteten vier Expertengruppen individuelle Modelle zur Beschreibung der seismischen Aktivität in einem Umkreis von bis zu 300 km um die Kernkraftwerksstandorte. Diese Charakterisierung der seismischen Quellen gründete auf einer umfangreichen, nach den Vorstellungen der vier Expertengruppen zusammengestellten Datenbasis. Abgesehen von einer gering gewichteten Variante mit diskreter Modellierung der Fribourg-Zone und der Störung von Reinach modellierten die vier Expertengruppen die gesamte seismische Aktivität in Form von seismischen Quellenzonen. Jede Quellzone stellt eine Zone der Erdkruste dar, die sich durch eine spezifische magnitudenabhängige Erdbebenwiederholungsrate, Maximalmagnitude (M_{\max}) und Herdtiefenverteilung auszeichnet.
- **Abminderungsmodelle:** Für Referenzfelsbedingungen, die durch eine gewählte Scherwellengeschwindigkeit von 2000 m/s definiert wurden, entwickelten fünf Experten eigene Abminderungsmodelle. Diese beschreiben, wie die Bodenerschütterung als Funktion der Magnitude und der Frequenz mit zunehmender Entfernung vom Erdbebenherd abnimmt. Unter der Bodenerschütterung wird dabei die Bodenbeschleunigung verstanden. Die Arbeiten umfassten Evaluation, Auswahl, Neukomposition und Gewichtung von publizierten empirischen Abminderungsbeziehungen in unterschiedlichen Magnituden- und Entfernungsbereichen.
- **Standorteinflüsse:** Vier weitere Experten entwickelten individuelle Modelle zur Beschreibung der Verstärkung der Erdbebenwellen in den standortspezifischen oberflächennahen Schichten zwischen der Referenzfelstiefe und der Terrainoberfläche bzw. der Fundationskote der Bauwerke. Diese Verstärkung ist frequenzabhängig und in erster Näherung durch das Scherwellen-Geschwindigkeitsprofil in den oberflächennahen Schichten bestimmt.
- **Gefährdungsberechnung:** Für die numerische Gefährdungsberechnung wurden alle von den Experten der erwähnten Teilprojekte entwickelten Modellvarianten und Parameterverteilungen einschliesslich der zugehörigen Gewichtung in einem Gesamtmodell kombiniert. Ferner wurden in diesem vierten Teilprojekt Sensitivitätsanalysen zu einzelnen Gefährdungsbeiträgen durchgeführt.

Die EKKM AG geht davon aus, dass die aus der PEGASOS-Studie für die bestehende Anlage KKM vorliegenden Resultate mit kleinen, die Auswirkungen der unterschiedlichen Mächtigkeiten und Eigenschaften der Lockergesteinsschichten betreffenden Einschränkungen auch für den ca. 500 m entfernten Standort EKKM gültig sind. Die vorliegenden Resultate umfassen Gefährdungskurven und Gefährdungsspektren, Aufschlüsselungen der Gefährdungsbeiträge nach Entfernung und Magnitude sowie die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen. Resultate liegen für die Horizontal- und Vertikalbeschleunigung und – zusätzlich zu der Terrainoberfläche und der Referenzfelstiefe – für zwei Gebäudefundationskoten vor.

Die Gefährdungskurven stellen die Überschreitungshäufigkeit als Funktion der Beschleunigungsamplitude frequenzabhängig dar, wobei die Unsicherheitsverteilung der Überschreitungshäufigkeit durch die Mittelwert- und die Perzentilkurven sichtbar gemacht wird. Den für den

Standort KKM vorliegenden Gefährdungskurven entnimmt der Gesuchsteller beispielsweise, dass auf Referenzfelstiefe eine Horizontalbeschleunigung («peak ground acceleration», PGA) von 0,26g im Mittel mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr überschritten wird.

In einem Folgeprojekt zu PEGASOS, dem «PEGASOS Refinement Project» (PRP), soll versucht werden, die Unsicherheiten in den für die bestehenden KKW-Standorte vorliegenden Erdbebengefährdungsergebnissen zu reduzieren. Ferner soll im PRP die Erdbebengefährdung auch spezifisch für den Standort EKKM berechnet werden. Arbeitsschwerpunkte des PRP sind die Entwicklung eines neuen schweizerischen Abminderungsmodells und die Überprüfung der Standorteinflüsse mittels der Erkenntnisse aus den neuen Baugrunduntersuchungen, die für den Standort EKKM im Jahre 2008 durchgeführt wurden. Weitere geplante Arbeiten umfassen die Überarbeitung und Aufdatierung des Erdbebenkatalogs des Schweizerischen Erdbebendienstes SED, die Berechnung der Gefährdung für eine tiefere Grenzmagnitude von 4,5 statt wie bisher 5,0 sowie die alternative, numerische Modellierung ausgewählter Erdbebenszenarien mittels «extended source simulations» (ESS). Mit den ESS wird die Bodenerschütterung speziell im Nahbereich einer Erdbeben auslösenden Bruchfläche berechnet. Die Berechnungen beruhen auf einem klar definierten räumlichen und dynamischen Modell der Störungszone, einem geologischen Schichtmodell und den Gesetzen der Wellenausbreitung.

Der Gesuchsteller geht davon aus, dass die PRP-Ergebnisse bis zur Einreichung des Gesuchs für die Baubewilligung vorliegen werden und beabsichtigt, die Anlage EKKM auf die aufdatierten Gefährdungsergebnisse auszulegen. Er wird eine seismische Gefährdungsspezifikation erstellen und die Bemessungsgrundlagen für die seismische Auslegung festlegen. Aufgrund der vorliegenden und der aus dem Projekt PRP noch ausstehenden seismischen Gefährdungsergebnisse erwartet der Gesuchsteller keine Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Sicherheitskriterien.

Beurteilungsgrundlagen

Eine probabilistische Gefährdungsanalyse ist gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens durchzuführen. Die vom Gesuchsteller zur seismischen Gefährdung bereits durchgeführten probabilistischen Analysen werden hier sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an die Erdbebensicherheit der Kernanlagen sind in Art. 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Für die Bestimmung der standortspezifischen Gefährdung durch seismische Bodenerschütterung hat das ENSI gefordert, dass die Methode des «Senior Seismic Hazard Analysis Committee» (SSHAC) [62], entsprechend dem dort definierten Level 4, angewendet wird. Diese Forderung wurde in die Richtlinie ENSI-A05 «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90] aufgenommen.

Weitere Beurteilungsgrundlagen sind die IAEA Safety Requirements No. NS-R-3 «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107], der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3 «Evaluation of Seismic

Hazards for Nuclear Power Plants» [110] sowie der Entwurf des IAEA Safety Guides «Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Installations» [111], welcher voraussichtlich im Jahr 2010 als Safety Guide No. NS-G-3.7 in Kraft gesetzt und den Safety Guide No. NS-G-3.3 ersetzen wird.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI beurteilt die Vorgehensweise des Gesuchstellers, das hinsichtlich der Anlagenauslegung relevante seismische Gefährdungspotenzial in erster Linie durch die am Standort EKKM infolge Erdbeben ausgelöste Bodenerschütterung darzustellen, als korrekt. Erdbeben können auch Auswirkungen wie Bodensenkung, Erdrutsch oder Zerstörung nahe gelegener Anlagen zur Folge haben. Diese Folgeauswirkungen können auch unabhängig von Erdbeben auftreten und werden im vorliegenden Gutachten in den entsprechenden Kapiteln behandelt.

Aus Sicht des ENSI stützt sich der Gesuchsteller mit den Ergebnissen aus dem Projekt PEGASOS [57] auf die aktuell massgebende Grundlage, um die Eignung des Standorts EKKM in Bezug auf die Gefährdung durch die seismische Bodenerschütterung zu beurteilen. Das ENSI schliesst sich dem Standpunkt des Gesuchstellers an, wonach die für KKM vorliegenden Gefährdungsergebnisse aufgrund der Nähe und der Ähnlichkeit der Standorte KKM und EKKM näherungsweise auf EKKM übertragbar sind. Ferner anerkennt das ENSI, dass die PEGASOS-Studie methodisch höchste Anforderungen erfüllt und weltweit zu den umfassendsten probabilistischen Erdbebengefährdungsanalysen gehört.

Das der PEGASOS-Studie zugrunde liegende SSHAC-Level-4-Verfahren stellte sicher, dass die aktuellsten Daten und die relevanten seismischen, tektonischen, seismotektonischen und geodynamischen Modelle und Vorstellungen ihrem Stellenwert in der Fachwelt entsprechend in die Gefährdungsberechnung eingeflossen sind. Bezüglich Datengrundlage und Methodik sind damit auch die Anforderungen [107] und Empfehlungen [110], [111] der IAEA für die Ermittlung der Erschütterungsgefährdung erfüllt. Das ENSI überprüfte das Projekt PEGASOS von Beginn an mit einem eigenen Review-Team und akzeptierte die im Projekt berechneten Gefährdungsergebnisse nach abschliessender Prüfung [63].

Im Baubewilligungsverfahren wird der Gesuchsteller als Grundlage für die Auslegung der Gebäude und Anlagenteile Erdbebengefährdungsergebnisse zu verwenden haben, die standortspezifisch für EKKM mit einem Verfahren bestimmt werden, welches konform mit der SSHAC-Level-4-Methode ist und von Beginn an die Überprüfung durch das ENSI mit einbezieht. Das ENSI erklärt sich mit der Absicht des Gesuchstellers einverstanden, die Anlage EKKM auf die Resultate aus dem «PEGASOS Refinement Project» (PRP) auszulegen.

Das im Sicherheitsbericht für das EKKM dargestellte Gefährdungsniveau liegt in einem Bereich, für den das ENSI die seismische Bemessung und Konstruktion der sicherheitsrelevanten Gebäude und Ausrüstungen als machbar erachtet. Zum Beispiel liegt die Horizontalkomponente der PGA auf der Fundationskote -14 m, wie sie das Reaktorgebäude des KKM aufweist, bei einer Überschreitungshäufigkeit von 10^{-4} pro Jahr im Bereich von 0,15g bis 0,45g. Für diese PGA-Werte ist die Überschreitungshäufigkeit mit 16 % bzw. 84 % Vertrauen kleiner als 10^{-4} pro Jahr. Für die PGA-Werte 0,28g und 0,39g liegen der Medianwert (50 %-Fraktile) bzw. der Mittelwert der Über-

schreitungshäufigkeit bei 10^{-4} pro Jahr. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die für EKKM noch spezifisch durchzuführenden Gefährdungsanalysen im Vergleich zu den PEGASOS-Resultaten zu moderat unterschiedlichen Ergebnissen führen können, kann aus Sicht des ENSI für ein Kernkraftwerk am Standort EKKM der ausreichende Störfallschutz gegen seismische Bodenerschütterung durch entsprechende Anlagenauslegung nachgewiesen werden.

Im Hinblick auf die von der EKKM AG noch durchzuführenden Analysen bezüglich der Erdbebengefährdung des EKKM formuliert das ENSI den folgenden Auflagenvorschlag:

Auflage 4:

Als Grundlage für die Auslegung der Gebäude und Anlageteile im Bauprojekt hat die EKKM AG Erdbebengefährdungsergebnisse zu verwenden, die standortspezifisch für EKKM mit einem Verfahren bestimmt werden, welches konform mit der SSHAC-Level-4-Methode ist und von Beginn an die Überprüfung durch das ENSI mit einbezieht.

4.2.3 Externe Überflutung

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller legt in Kapitel 3.4 «Hydrologische Ereignisse» des Sicherheitsberichts die standortspezifische Gefährdung durch externe Überflutung aufgrund natürlich bedingter Hochwasser sowie aufgrund des Versagens von wasserbaulichen Einrichtungen dar.

Der Standort des EKKM liegt an der Aare knapp 2 km oberhalb der Saane-Mündung. Deshalb werden für die Analyse der Gefährdung durch externe Überflutung sowohl das Einzugsgebiet der Aare als auch das der Saane betrachtet.

Das Standardverfahren einer statistischen Auswertung von Pegelmessdaten ist im Fall von EKKM nicht geeignet, um die Abflussmengen abzuschätzen, die bei einem naturbedingten Hochwasser mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr erreicht oder überschritten werden (im Folgenden als 10 000-jährliches Hochwasser bezeichnet). Grund hierfür ist die genannte Abhängigkeit der Verhältnisse am Standort von der Wasserführung zweier Flüsse. Daher werden statt des Standardverfahrens vier andere Verfahren herangezogen, um den bei natürlich bedingten Hochwassern maximal zu erwartenden Pegelstand zu bestimmen.

Bei einem Verfahren werden Abflusskombinationen der Aare und der Saane ermittelt, die eine Wiederkehrperiode von 30, 100, 300 und 1 000 Jahren haben. Hierfür wird eine entsprechende Hochwasserstudie für das nahe gelegene Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) herangezogen. Darin werden für diese Abflusskombinationen mit Hilfe eines eindimensionalen Simulationsmodells die entsprechenden Pegelstände am Standort KKM berechnet und daraus eine Kurve der Hochwassergefährdung samt zugehöriger Unsicherheitsverteilung abgeleitet. Der auf das 10 000-jährliche Hochwasser extrapolierte mittlere Pegelstand erreicht am KKM eine Höhe von 465,70 m ü. M.

Ein zweites Verfahren basiert auf einer Extremhochwasserstudie des Kantons Bern. Dort werden drei Szenarien betrachtet, für die allerdings nur die Mittelwerte des Tagesabflusses ausge-

wiesen sind. Diese beaufschlagt der Gesuchsteller mit einem Faktor, der dem gemittelten Verhältnis von Abflussspitze zum Tagesmittelwert der drei höchsten gemessenen Hochwasser von Aare bzw. Saane entspricht. Mit dieser Korrektur soll der Tagesmaximalwert der Abflüsse der drei Extremhochwasserszenarien abgeschätzt werden. Mit Hilfe des oben genannten eindimensionalen Simulationsmodells werden für die Standorte EKKM und KKM die zugehörigen Pegelstände ermittelt. Das Szenario mit den grössten Auswirkungen erreicht einen Pegelstand von 465,92 m ü. M. am Standort EKKM. Der Unterschied zwischen den Standorten EKKM und KKM beträgt je nach Szenario 1–6 cm. Aus der geringen Differenz der Ergebnisse dieser Berechnung schliesst der Gesuchsteller, dass die Hochwassergefährdungskurve der oben genannten KKM-Hochwasserstudie und damit auch der aus dieser Studie für das KKM abgeleitete Pegelstand beim 10 000-jährlichen Hochwasser unverändert für das EKKM übernommen werden können.

Zwei weitere Berechnungen zur Bestimmung des bei einem natürlich bedingten Hochwasser maximal zu erwartenden Pegelstands am Standort des EKKM werden mit Hilfe eines zweidimensionalen Simulationsmodells ausgewertet.

Bei der ersten Berechnung werden die Wassermassen eines 10 000-jährlichen Hochwassers mit Hilfe der Faustregel, dass dessen Wassermassen dem 1,2-fachen des 1 000-jährlichen Hochwassers entsprechen, abgeschätzt. Die Wassermassen der Aare und der Saane, deren Kombination zum 1 000-jährlichen Hochwasser gehört, werden der KKM-Studie entnommen. Dementsprechend ergibt sich für das 10 000-jährliche Hochwasser eine Kombination aus 980 m³/s für die Aare und 1 261 m³/s für die Saane. Hierfür wird ein Pegelstand von 466,30 m ü. M. am Standort EKKM errechnet. Der Durchflusswert für die Aare wird anhand des Berechnungsverfahrens des deutschen Kerntechnischen Ausschusses KTA [65] (dies ergibt 997 m³/s) sowie analog zur BWG-Richtlinie zur Sicherheit der Stauanlagen [66] (diese ergibt 975 m³/s) überprüft.

Bei der zweiten Berechnung bestimmt der Gesuchsteller für den Standort EKKM ein mutmasslich grösstes Hochwasser (Probable Maximum Flood = PMF). Basierend auf einer Untersuchung zu Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen von Starkniederschlägen in der Schweiz [64] wird als mutmasslich höchster Niederschlag (PMP = Probable Maximum Precipitation) für das Aare-Einzugsgebiet ein zweitägiges Niederschlagsereignis mit einem ganzflächigen Blockniederschlag von 250 mm angenommen. Daraus resultiert ein maximaler Durchfluss von 1 166 m³/s für die Aare und von 2 110 m³/s für die Saane. Der Hochwasserscheitel der Saane läuft der Aare jedoch um 18 Stunden voraus, sodass sich die Maximalwerte nicht überlagern. Aus diesem Szenario ergibt sich ein maximaler Pegelstand von 466,70 m ü. M. für das EKKM.

Aus den durchgeführten Untersuchungen schliesst der Gesuchsteller, dass der Hochwasserpegel am Standort EKKM bei natürlich bedingten Hochwassern nicht über 467 m ü. M. liegen wird.

Der Gesuchsteller untersucht die Stauhaltungen an der Aare und der Saane unter dem Aspekt, welche wasserbaulichen Einrichtungen für den Standort relevante Hochwasserszenarien bewirken können. Aufgrund des Volumens der zugehörigen Stauseen betrachtet er das Versagen der Mühleberg-Staumauer an der Aare sowie der Schiffenen-, der Rossens- und der Hongrin-Staumauer an der Saane näher. Bei der Untersuchung der Staumauerbrüche werden vollständig gefüllte Stau-

seen und ein 100 %iges Bruchereignis angenommen. Auch hier wird das zweidimensionale Simulationsmodell eingesetzt. Die als Hochwasserschutzmassnahme vorgesehene Aufschüttung des Geländes zu einer Terrasse wird im Modell abgebildet, da sie sich insbesondere für das dynamische Flutereignis bei einem Bruch der Staumauer Mühleberg erhöhend auf die Flutkote auswirkt.

Der Bruch der Staumauer Mühleberg bewirkt am Standort EKKM einen maximalen Wasserstand von 474,20 m ü. M. Wegen der Verengung durch die geplante Terrasse und dem dadurch hervorgerufenen Rückstau liegt der Pegelstand etwa 2 m höher als ohne Terrasse. Flussabwärts entschärft der Rückstau hingegen die Situation. Insbesondere sind am Standort KKM um 90 cm geringere Wassertiefen zu erwarten als ohne den Bau der Terrasse.

Der Bruch der Schiffenmauer führt am Standort EKKM zu einem maximalen Pegel von 469,70 m ü. M., derjenige der Rossensmauer zu einem Wert von 469,00 m ü. M. Der Bruch der Hongrinmauer führt zu geringeren Wassermassen als das 1 000-jährliche Hochwasser und damit zu vernachlässigbaren Auswirkungen auf das EKKM.

Ein gleichzeitiger Bruch von Schiffen- und Mühlebergmauer wird als unproblematisch angesehen, da die erste Flutwelle schon abgeklungen ist, wenn die zweite am Standort eintrifft. Ein gleichzeitiger Bruch von Rossens- und Schiffenmauer führt wegen des Laufzeitunterschieds der Flutwellen von etwa drei Stunden nicht zu einem höheren Wasserstand als der alleinige Bruch der Schiffenmauer. Ein Versagen der Schiffenmauer aufgrund der durch den Bruch der Rossensmauer ausgelösten Flutwelle resultiert in einer Flutkote von 474,60 m ü. M. für das EKKM. Solche Mehrfachbrüche haben jedoch eine deutlich geringere Eintrittswahrscheinlichkeit als Einzelbrüche und sollten nach Einschätzung des Gesuchstellers nicht wesentlich zur Kernschadenshäufigkeit beitragen. Er verweist darauf, dass eine konkrete Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeiten und der entsprechenden Beiträge zur Kernschadenshäufigkeit innerhalb der PSA zum Gesuch für die Bau- resp. Betriebsbewilligung durchgeführt wird.

Nach Einschätzung des Gesuchstellers stellen Hangrutschungen keine Gefährdung für den Standort dar. Er gibt an, dass ein potenzieller Rückstau durch Verklausungen für den Standort vernachlässigbar ist. Auch die bei natürlich bedingtem Hochwasser stattfindende Erosion hat keine relevanten Auswirkungen auf die Hochwasserpegel. Erosionsprozesse aufgrund einer Flutwelle infolge eines Staumauerbruchs hingegen sind nicht zu vernachlässigen. Die Terrasse soll so ausgelegt werden, dass sie den beim Bruch der Wohlenseemauer zu erwartenden Schubspannungen standhält. Geländeänderungen im Saanetal aufgrund von Staumauerbrüchen konnten in der Simulation nicht abgebildet werden. Da die Flutkoten der Einzelbrüche der Saanestaumauern deutlich unter derjenigen des Bruchs der Mühlebergmauer liegen, ist nach Angaben des Gesuchstellers diesbezüglich eine ausreichende Sicherheitsreserve vorhanden, solange letzterer durch die Anlagekonzeption beherrscht wird.

Der Gesuchsteller untersucht auch die Auswirkung der Auflandung der Sohlenlage der Aare an der Mündung der Saane. Mit einer konstanten Sedimentation bis ins Jahr 2084 wird konservativ eine Sohlenerhöhung von 1,2 m erwartet. Für das 10 000-jährliche Hochwasser bedeutet dies gegenüber heute eine um 20 cm erhöhte Flutkote am Standort EKKM. Daher stuft der

Gesuchsteller die Auswirkung kontinuierlich stattfindender Sedimentation auf die Hydrologie des Standorts als gering ein.

Gestützt auf den Synthesis Report des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC [32] geht der Gesuchsteller davon aus, dass aufgrund der Klimaerwärmung vor allem im Winter häufiger Extremniederschläge zu erwarten sind. Da

- die Aare am Standort ein grosses heterogenes Einzugsgebiet aufweist, in dem Effekte kleinerer bis mittlerer Einzugsgebiete ausgeglichen werden,
- im hochalpinen Einzugsgebiet die winterlichen Niederschläge weiterhin in fester Form anfallen und
- derzeit Hochwasserereignisse vor allem im Sommerhalbjahr auftreten,

erwartet er für den Standort EKKM aufgrund der Prognosen bezüglich Klimaerwärmung keine Verschärfung von Hochwasserereignissen.

Die EKKM AG kommt zusammenfassend zum Schluss, dass die Auswirkungen von Staumauerbruchszenarien diejenigen von natürlich bedingten Hochwassern deutlich übertreffen. Durch Terrassendimensionierung und entsprechende Auslegung der Anlage soll gewährleistet werden, dass nur Hochwasserereignisse mit sehr geringer Eintrittshäufigkeit zu einer Überflutung der Terrasse führen. Er hält fest, dass auch bei solchen Ereignissen mit Wasserstand über dem Anlagennull die sichere Abschaltung des Reaktors gewährleistet wird, beispielsweise durch wasserdichte Schleusensysteme und geeignete Positionierung von Gebäudedurchdringungen. Damit kann aus Sicht des Gesuchstellers die Hochwassersicherheit am Standort EKKM im Baubewilligungsverfahren realisiert werden. In diesem sollen die effektive Aufschüttungskote und der Umfang des aufzuschüttenden Areals festgelegt werden. Mit der Auslegung werden auch die aus heutiger Sicht absehbaren Effekte des Klimawandels abgedeckt sein.

Beurteilungsgrundlagen

Eine probabilistische Gefährdungsanalyse ist gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen der Baubewilligung durchzuführen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen werden sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an den Schutz von Kernanlagen gegen externe Überflutungen sind in Artikel 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Für die Bestimmung der standortspezifischen Gefährdung durch externe Überflutungen sind Anforderungen in der Richtlinie ENSI-A05 «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90] verankert.

Weitere Beurteilungsgrundlagen sind die IAEA Safety Requirements No. NS-R-3 «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107] und der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites» [113].

Beurteilung des ENSI

Die Auswahl der vom Gesuchsteller betrachteten Überflutungsursachen – einzelner Staumauerbruch, aufeinander folgende Staumauerbrüche und gleichzeitige Staumauerbrüche der Aare und der Saane sowie 10 000-jährliches Hochwasser und PMF – decken mit den ihnen zugrunde gelegten Annahmen das Spektrum der massgeblichen Gefährdungsursachen und ihrer relevanten Kombinationen ab. Die erhobenen Daten stellen eine geeignete Basis für die Untersuchung der natürlichen und der zivilisatorisch bedingten Hochwassergefährdung dar.

Die auf probabilistischen Betrachtungen beruhende Hochwasserstudie für das KKM wurde vom ENSI bereits in einem anderen Verfahren geprüft. Die darin abgeleitete Hochwassergefährdungskurve und der beim 10 000-jährlichen Hochwasser zu erwartende Pegelstand sind belastbar. Die Studie trägt den besonderen Gegebenheiten des Standorts (starker Einfluss der flussabwärts mündenden Saane) Rechnung. Die weiteren Betrachtungen, die sich auf die Extremhochwasserstudie des Kantons Bern abstützen, zeigen, dass die Ergebnisse der KKM-Hochwasserstudie für den Standort EKKM unverändert übernommen werden können.

Eine zweite, alternative Abschätzung des zu erwartenden Pegelstands eines 10 000-jährlichen Hochwassers, wie vom Gesuchsteller durchgeführt, ist nicht erforderlich, da im Weiteren das mutmasslich grösste Hochwasser (PMF) deterministisch auf Grundlage des mutmasslich grössten Niederschlags (PMP) abgeschätzt wird, um den bei natürlich bedingten Hochwassern maximal zu erwartenden Pegelstand zu bestimmen. Zu bemerken ist, dass die Anwendung einer Faustregel (Multiplikation der Wassermassen des 1 000-jährlichen Hochwassers mit dem Faktor 1,2) zur alternativen Abschätzung des zu erwartenden Pegelstands eines 10 000-jährlichen Hochwassers wissenschaftlich nicht untermauert ist. Die Überprüfung anhand der Berechnung des 10 000-jährlichen Hochwassers für die Aare unter Heranziehen des Berechnungsverfahrens des Kerntechnischen Ausschusses KTA ist auch nicht geeignet, die Anwendbarkeit der Faustregel zu untermauern, da am Standort EKKM wegen des Einflusses der Saane das 10 000-jährliche Hochwasser nicht direkt aus dem 10 000-jährlichen Hochwasser der Aare abgeleitet werden kann. Schliesslich stützt die BWG-Richtlinie zur Sicherheit der Stauanlagen [66] die Anwendung der Faustregel ebenfalls nicht, da sie keine Aussage zum 10 000-jährlichen Hochwasser trifft, sondern lediglich durch die Multiplikation der Wassermassen des 1 000-jährlichen Hochwassers mit dem Faktor 1,5 ein Sicherheitshochwasser definiert.

Die vom Gesuchsteller herangezogenen Untersuchungen zu Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen von Starkniederschlägen in der Schweiz [64] stellen eine geeignete Grundlage für die Abschätzung des PMP dar. Das unterstellte 2-tägige Niederschlagsereignis mit einem ganzflächigen Blockniederschlag von 250 mm für das gesamte Aare-Einzugsgebiet entspricht dem PMP in dieser Region für die genannte Zeitdauer. Die Ableitung des PMP erfüllt insbesondere auch die Anforderungen der Safety Requirements No. NS-R-3 «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107] der IAEA. Der angegebene Pegelstand von 466,70 m ü. M. für das entsprechende PMF ist plausibel. Die Untersuchung untermauert, dass der Hochwasserpegel am Standort EKKM bei natürlich bedingten Hochwassern höchstens im Bereich von 467 m ü. M. liegen wird.

Das vom Gesuchsteller entwickelte Überflutungsmodell erlaubt eine belastbare Bestimmung des zu erwartenden Wasserstands sowie der Strömungsbedingungen für die verschiedenen

betrachteten Überflutungsursachen. Der beim Bruch der Wohlenseemauer maximal zu erwartende Pegelstand von 474,20 m ü. M. ist plausibel und zeigt, dass dieser Bruch die Auswirkungen eines natürlich bedingten Hochwassers sowie der Einzelbrüche von Staumauern der Saane bei Weitem dominiert. Lediglich der konsekutive Bruch der Rossensmauer und der Schiffenenmauer führt zu einer etwa 40 cm höheren Flutkote am Standort des EKKM. Da Mehrfachbrüche von Staumauern mit einer geringeren Häufigkeit als 10^{-6} pro Jahr auftreten, ist es gemäss der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] nicht erforderlich, die entsprechenden Auswirkungen bei der Auslegung der Anlage zu berücksichtigen. Im Rahmen der im Baubewilligungsverfahren vorzulegenden PSA wird das zugehörige Risiko ausgewiesen und bewertet. Risikomindernde Schutzmassnahmen können, falls erforderlich, im Baubewilligungsverfahren festgelegt und realisiert werden.

Die Betrachtungen des Gesuchstellers zur Auflandung der Sohlenlage der Aare sowie zu Erosionsprozessen, zur Verklauungsgefahr und zu Hangrutschungen (im Zusammenhang mit externer Überflutung) sind nachvollziehbar und angemessen, um die Sensitivität des Standorts bezüglich dieser Phänomene zu überprüfen. Die Ergebnisse stellen die Eignung des Standorts nicht in Frage. Die Beurteilung von Hangrutschungen ausserhalb des Kontexts einer externen Überflutung findet sich in Kapitel 4.1.6.2 des vorliegenden Gutachtens.

Der Gesuchsteller erwartet für den Standort EKKM aufgrund der Klimaprognosen keine Verschärfung des Hochwasserrisikos. Aus Sicht des ENSI kann keine solch eindeutige Aussage zum Einfluss der Klimaentwicklung gemacht werden. Die verschiedenen Untersuchungen zum natürlich bedingten Hochwasser zeigen jedoch, dass die maximal zu erwartenden Pegelstände mehrere Meter unter denjenigen liegen, die bei Staumauerbrüchen erreicht werden. Eine Auslegung gegen letztere – unter Beachtung der anzunehmenden Versagenshäufigkeiten – deckt daher potenziell negative Klimafolgen ab.

Die im Sicherheitsbericht angegebene geplante Aufschüttung eines Teils des EKKM-Areals ist gemäss IAEA Safety Guide No. NS-G-3.5 «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites» [113] eine geeignete Hochwasserschutzmassnahme; sie entspricht dem Konzept des «trockenen Standorts». Die vorgelegten Untersuchungen zeigen insbesondere, dass die Erhöhung eines Teils des EKKM-Areals keine nachteiligen Auswirkungen auf das nahe gelegene Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) hat. Die konkrete Festlegung der Aufschüttungshöhe und des Umfangs des aufzuschüttenden Areals kann im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens festgelegt werden.

Zusammenfassend ergibt sich aus der ENSI-Beurteilung, dass die Eignung des Standorts EKKM aufgrund der Gefährdung durch externe Überflutungen nicht in Frage gestellt ist.

4.2.4 Flugzeugabsturz

Angaben des Gesuchstellers

Kapitel 3.6.2.25 des EKKM-Sicherheitsberichts enthält eine Standortbeschreibung hinsichtlich der räumlichen Nähe zu Flugplätzen und -korridoren sowie eine Analyse der Gefährdung durch unfallbedingte Abstürze von:

- Grossflugzeugen (Gewicht über 20 t),
- mittleren Verkehrsmaschinen (5,7 bis 20 t),
- Leichtflugzeugen (leichter als 5,7 t) sowie
- Militärflugzeugen der Gewichtsklassen 5,7 bis 20 t und leichter als 5,7 t.

Es wird dargelegt, dass sich im Umkreis von 50 km um den Standort EKKM vier Regionalflugplätze (Bern-Belp, Ecuwillens, Grenchen, Les Eplatures), elf Flugfelder (z. B. Bellechasse) und ein zivil mitbenutzter Militärflugplatz (Payerne) befinden². Für den Standort von Bedeutung sind zudem die Flugkorridore zwischen Zürich und Genf sowie die Zugangskorridore des Flugplatzes Payerne zu den Übungsgebieten im Berner Oberland und im Jura.

Die Bestimmung der Absturzhäufigkeiten (pro Jahr und Quadratkilometer) beinhaltet die Ermittlung

- der Anzahl der Flugbewegungen (pro Jahr),
- der Absturzrate (pro Flugbewegung) sowie
- der flächenbezogenen Gefährdung (pro Absturz), im Sicherheitsbericht bezeichnet als bedingte³ Wahrscheinlichkeit eines Absturzes in einem Flächenquadrat (1 km²).

Dabei kommen neben der Methode gemäss Richtlinie ENSI-A05 [90] auch andere Methoden, z. B. die des amerikanischen Energieministeriums USDOE (United States Department of Energy) [73], zum Einsatz, deren Resultate gewichtet und, unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, zu einem Gesamtergebnis verknüpft werden.

Die für die Gefährdungsanalyse verwendeten Daten zum Flugverkehr (Anzahl der Flugbewegungen aufgrund von Starts und Landungen sowie des Transitverkehrs) basieren auf veröffentlichten Statistiken ([67], [68], [69], [70], [71]) sowie auf Angaben der Flugplatzbetreiber. Ermittelt wurden die aktuelle jährliche Anzahl der Flugbewegungen zu der jeweils betrachteten Flugphase und Flugzeuggewichtskategorie (z. B. 5 000 aufgrund von Starts und Landungen von Grossflugzeugen am Flugplatz Bern-Belp) sowie eine Prognose zur Entwicklung des Flugverkehrs (z. B. 0,1 % jährlicher Anstieg für den Flugplatz Bern-Belp).

Zu Militärflugzeugen der Gewichtsklasse 5,7 bis 20 t wird ausgeführt, dass sie sich hauptsächlich von Flugplatz zu Flugplatz oder in den Zugangskorridoren zu den Übungszonen bewegen und dass die Zugänge zu den Übungszonen im Jura und den Alpen in einiger Distanz zum Standort EKKM vorbeiführen. Aus diesem Grund wurde die jährliche Anzahl von 16 300 Transitflugbewegungen in der Schweiz als 95-%-Fraktile einer Lognormalverteilung mit einem Error-Faktor⁴ von 5 betrachtet. Der aus dieser Abschätzung resultierende Mittelwert beträgt 5 300 Transitflugbewegungen pro Jahr. In der Gewichtsklasse leichter als 5,7 t wurde der Start- und Landeverkehr

² Anmerkung des ENSI: *Regionalflugplatz* und *zivil mitbenutzter Militärflugplatz* sind die Bezeichnungen gemäss Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL). Im Sicherheitsbericht werden die Bezeichnungen *Regionalflughafen* und *Militärflugfeld* verwendet.

³ Anmerkung des ENSI: d. h. gegeben ein Absturz

⁴ Anmerkung des ENSI: Der *Error-Faktor* ist definiert als das Verhältnis von 95-%-Fraktile zu 50-%-Fraktile (bzw. von 50-%-Fraktile zu 5-%-Fraktile).

von Helikoptern nicht gezählt, weil er 30 km entfernt vom Standort EKKM stattfindet und Helikopter eine deutlich kleinere Start- und Landezone benötigen als Flugzeuge.

Bei der Bestimmung der Absturzraten wurde wie folgt vorgegangen:

- Die Ermittlung der Absturzrate pro Flugbewegung im Start- und Landeverkehr von Grossflugzeugen und mittleren Verkehrsmaschinen erfolgte unter Heranziehung einer Boeing-Statistik [72] (3 % Gewichtung), einer Statistik des USDOE [73] (12 %), einer für den Flughafen Zürich verfassten Studie [74] (15 %), der von der Aufsichtsbehörde ENSI vorgeschlagenen Werte [90] (20 %) sowie einer Analyse der Absturzgeschichte in der Schweiz [75], [67] (50 %). Aus der Summe der gewichteten Werte wurde die Verteilung der für die Standortgefährdung als relevant erachteten Absturzrate gebildet, z. B. $5,3 \times 10^{-7}$ als Mittelwert der Rate für einen Absturz pro Flugbewegung von Grossflugzeugen bei Starts und Landungen. Für den Transitverkehr wurden drei (USDOE, ENSI-A05, Absturzgeschichte Schweiz) der oben genannten Quellen zur Ermittlung der Absturzrate herangezogen.
- Für zivile Leichtflugzeuge wurden Absturzraten pro Jahr aus den Daten des Bundesamts für Zivilluftfahrt (BAZL) abgeleitet (Zeitraum 1980 bis 2006). Dabei wurde die Absturzrate für Starts und Landungen ziviler Leichtflugzeuge mit der Wahrscheinlichkeit 0,235 multipliziert, wodurch berücksichtigt werden soll, dass sich nur 16 der 68 schweizerischen Flugplätze in der Nähe (Distanz geringer als 50 km) des Standorts EKKM befinden.
- Die Bestimmung der Absturzraten von Militärflugzeugen erfolgte unter Heranziehung von Daten aus einer schweizerischen Statistik [76]. Dabei wurden für die Gewichtsklasse 5,7 bis 20 t ausgemusterte oder selten im Einsatz befindliche Flugzeugtypen weniger stark gewichtet, und für die Gewichtsklasse leichter als 5,7 t wurden Abstürze während militärischer Manöver nicht berücksichtigt, weil diese ausschliesslich in definierten Übungszonen geflogen werden.

Zur Bestimmung der flächenbezogenen Gefährdung des Standorts wurde wie folgt vorgegangen:

- Für Grossflugzeuge wurde die räumliche Nähe zum Flugplatz Bern-Belp berücksichtigt und für mittlere Verkehrsmaschinen zusätzlich die räumliche Nähe zu den Flugplätzen Grenchen, Ecuwillens und Les Eplatures. Eingeflossen in die Berechnungen sind die Modelle zur Bestimmung der flächenbezogenen Gefährdung gemäss ENSI-A05 [90] und amerikanischem Standardverfahren nach USDOE [73], wobei das ENSI-A05-Modell mit 10 % und das USDOE-Modell mit 90 % gewichtet wurden. Zur Begründung für die niedrigere Gewichtung des ENSI-A05-Modells führt der Gesuchsteller aus, dass in diesem Modell die Distanz zum Flughafen und die Pistenausrichtung nicht explizit enthalten sind. Weiter wird argumentiert, dass die Flughöhe von Flugzeugen im Abstand von 50 km zum Flughafen sehr stark variiert.
- Weiter wurde für Grossflugzeuge und mittlere Verkehrsmaschinen der Transitkorridor Zürich-Genf betrachtet. Zusätzlich zu den Modellen gemäss ENSI-A05 (Gewichtung mit 45 %) und USDOE (Gewichtung mit 10 %) wurde ein als «Unfallstatistik» bezeichnetes Modell verwendet (Gewichtung mit 45 %), welches auf geometrischen Überlegungen zur mittleren Transitfluglänge und -korridorbreite beruht.

- Für den Start- und Landeverkehr von Leichtflugzeugen wurde die räumliche Nähe zu den 16 im 50-km-Umkreis des Standorts befindlichen Flugplätzen berücksichtigt. Die Modellierung der flächenbezogenen Gefährdung erfolgte gemäss USDOE. Für den Transitverkehr wurde eine über die Fläche der Schweiz (41 285 km²) gleich verteilte Gefährdung angenommen.
- Für den Start- und Landeverkehr von Militärflugzeugen wurde die räumliche Nähe zum Flugplatz Payerne berücksichtigt. Die Modellierung der flächenbezogenen Gefährdung erfolgte gemäss USDOE. Für Militärflugzeuge der Gewichtsklasse 5,7 bis 20 t wurde zusätzlich das Modell für Verkehrsflugzeuge gemäss ENSI-A05 mit einer Gewichtung von 10 % einbezogen. Für den Transitverkehr von Militärflugzeugen wurde eine über die Fläche der Schweiz gleich verteilte Gefährdung angenommen.

Die aus den oben genannten Berechnungen ermittelten Häufigkeiten (pro Jahr und Quadratmeter) für unfallbedingte Flugzeugabstürze am Standort EKKM betragen:

- $7,4 \times 10^{-7}$ für Grossflugzeuge (Hauptbeitrag Transitverkehr mit 7×10^{-7});
- $3,2 \times 10^{-7}$ für mittlere Verkehrsmaschinen (Hauptbeitrag Transitverkehr mit 2×10^{-7});
- $1,7 \times 10^{-4}$ für Leichtflugzeuge (Hauptbeitrag Transitverkehr mit $1,6 \times 10^{-4}$),
- $9,8 \times 10^{-7}$ für Militärflugzeuge der Gewichtsklasse 5,7 bis 20 t (Hauptbeitrag Transitverkehr mit $5,3 \times 10^{-7}$) und
- $1,8 \times 10^{-5}$ für Militärflugzeuge der Gewichtsklasse leichter als 5,7 t (Hauptbeitrag Transitverkehr mit $1,7 \times 10^{-5}$).

Zusätzlich werden vom Gesuchsteller (ohne Gewichtsklassenunterteilung von Militärflugzeugen) die auf das Kernkraftwerksareal (etwa 0,16 km²) bezogenen kleineren Werte für die Absturzhäufigkeiten ausgewiesen.

Der Gesuchsteller weist in Kapitel 3.6.2.25 darauf hin, dass die Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf die einzelnen Gebäude des EKKM erst untersucht werden können, wenn die Konzeption zur Auslegung des EKKM festgelegt ist. Bei der Auslegung werden die behördlichen Anforderungen zum Schutz gegen Flugzeugabstürze berücksichtigt. Die Gebäude werden so ausgelegt, dass sie einen ausreichenden Schutz gegen direkte mechanische Einwirkungen und gegen indirekte Auswirkungen (z.B. Trümmereinwirkung und Brand) bieten. Zudem soll als Folgeereignis eines Flugzeugabsturzes auch der Verlust der externen Stromversorgung unterstellt werden.

Beurteilungsgrundlagen

Eine probabilistische Gefährdungsanalyse ist gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens durchzuführen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen des Gesuchstellers werden sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle, die durch unfallbedingte Flugzeugabstürze ausgelöst werden, sind in Art. 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Für die Bestimmung der standortspezifischen Gefährdung durch unfallbedingte Flugzeugabstürze sind Anforderungen in der Richtlinie ENSI-A05 «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90] vorgegeben.

Beurteilung des ENSI

Bezüglich der räumlichen Nähe zu Flugplätzen hat der Gesuchsteller den Standort EKKM in angemessener Weise beschrieben. Umfang und Unterteilung der betrachteten Flugzeugtypen sind im Allgemeinen angemessen. Es fehlt lediglich eine Aussage zu Militärflugzeugen der Gewichtsklasse grösser 20 t, zu welcher der sich in der Schweiz im Einsatz befindliche Flugzeugtyp F/A-18 (Hornet) gehört. Das ENSI erwartet, dass dieser Flugzeugtyp bei der probabilistischen Gefährdungsanalyse berücksichtigt wird.

Das ENSI hat die im Sicherheitsbericht dokumentierte Ermittlung der jährlichen Anzahl der Flugbewegungen, der Absturzraten sowie der flächenbezogenen Gefährdung stichprobenartig überprüft. Die dabei identifizierten Verbesserungspunkte sind nachfolgend aufgelistet.

Anzahl Flugbewegungen

- Es fehlt eine systematische Beschreibung des Standorts hinsichtlich der im 100-km-Umkreis befindlichen Transitkorridore, welche gemäss Richtlinie ENSI-A05 in Betracht zu ziehen sind. Erwähnt werden die Flugkorridore zwischen Zürich und Genf sowie die Zugangskorridore des Flugplatzes Payerne. Unklar ist, ob Flugzeuge, die an anderen Flugplätzen (z.B. Basel-Mulhouse) gestartet sind und die die Reiseflughöhe erreicht haben, den Luftraum im 100-km-Umkreis des Standorts EKKM durchqueren.
- In der Analyse der Gefährdung durch den Transitverkehr von Militärflugzeugen der Gewichtsklasse 5,7 bis 20 t schätzt der Gesuchsteller ab, dass von den 16 300 Transitflügen pro Jahr in der Schweiz nur 5 300 relevant sind, weil sie über den Standort führen. Für die flächenbezogene Gefährdung würden aus Sicht des ENSI jedoch zu tiefe Werte berechnet, weil einerseits nur Flüge gezählt werden, welche über den Standort führen und andererseits die Fläche der gesamten Schweiz als mögliche Absturzfläche berücksichtigt wird.

Absturzraten

- Die Herleitung der Absturzraten pro Flugbewegung von Militärflugzeugen ist nicht explizit dokumentiert.
- Aus einem Abgleich der Angaben im Sicherheitsbericht mit den dort zitierten Quellen ([72], [73]) ist ersichtlich, dass der Gesuchsteller die Flugphasen Climb (Steigflug bis zur Reiseflughöhe) und Descent (Absinken bis zu einer Höhe zwischen 2 000 und 3 000 m, in der die Landekonfiguration erstellt wird) nicht dem Start- und Landeverkehr, sondern dem Transitverkehr zurechnet. Hingegen wurden bei der Bestimmung der jährlichen Anzahl von Transitflügen die Phasen Climb und Descent aufgrund des Start- und Landeverkehrs am Flugplatz Bern-Belp nicht gezählt. Nach Auffassung des ENSI sind diese Phasen dem Start- und Landeverkehr zuzurechnen [77].
- Gemäss Richtlinie ENSI-A05 ist für die Absturzrate im Transitflug (pro km) eine log-normale Verteilung mit einem Error-Faktor von 3 anzunehmen, was einem Verhältnis von 95%- zu 5%-Fraktile von 9 entspricht. Für die vom Gesuchsteller mit dieser Unsicherheitsverteilung

als Eingangsgrösse berechnete Absturzhäufigkeit (pro Jahr und Quadratkilometer) beträgt dieses Fraktilverhältnis 6,5. Die als Verhältnis ausgedrückte Unsicherheit ist demnach nach Multiplikation mit weiteren Faktoren kleiner geworden. Es ist daher fraglich, ob das vom Gesuchsteller verwendete Rechenverfahren die Unsicherheiten richtig abbildet.

- Die in der Analyse der Gefährdung durch den Transitverkehr von Militärflugzeugen der Gewichtsklasse leichter als 5,7 t verwendete Absturzrate beinhaltet keine Abstürze während militärischer Manöver. Die Bestimmung der flächenbezogenen Gefährdung erfolgt jedoch durch Multiplikation mit dem Kehrwert der gesamten Fläche der Schweiz. Dies ist aus Sicht des ENSI eine Kombination nicht kohärenter Bezugsgrössen.

Flächenbezogene Gefährdung

- Das Verfahren zur Bestimmung der bedingten Wahrscheinlichkeit eines Absturzes in einem Flächenquadrat (1 km²) ist nicht explizit dokumentiert.
- Die Gewichtungen der unterschiedlichen Modelle, z. B. USDOE [73] mit 90 % gegenüber ENSI-A05 [90] mit 10 %, sind direkte Expertenschätzungen und entsprechen nicht der Einschätzung des ENSI. Aus Sicht des ENSI sind Extrapolationen auf grössere Distanzen erforderlich, um mit dem USDOE-Verfahren die flächenbezogenen Wahrscheinlichkeiten für den Standort EKKM zu berechnen. Dies stellt die Eignung des USDOE-Modells, aus dem eine um den Faktor 20 niedrigere Gefährdung resultiert als aus dem in der Richtlinie ENSI-A05 empfohlenen Seabrook-Modell [78], für den Standort EKKM in Frage. Im Gegensatz zu dem Modell des USDOE erlaubt das Seabrook-Modell eine standortspezifische Quantifizierung der Absturzhäufigkeiten auch in Gebieten, welche sich nicht in unmittelbarer Nähe eines Flughafens befinden [91].
- Die dem Start- und Landeverkehr in Bern-Belp zugewiesene bedingte Wahrscheinlichkeit eines Absturzes in einem Flächenquadrat ist für Grossflugzeuge (1,23 x 10⁻⁵/km²) kleiner als für mittlere Verkehrsmaschinen (1,8 x 10⁻⁵/km²), ohne dass ein plausibler Grund hierfür ersichtlich ist.

Aufgrund der oben aufgeführten Punkte haben die im Sicherheitsbericht für den Standort EKKM ausgewiesenen Flugzeugabsturzhäufigkeiten aus Sicht des ENSI eine eingeschränkte Aussagekraft. Das ENSI erwartet, dass bei der Erstellung der PSA für ein allfälliges Baubewilligungsgesuch die Analyse für unfallbedingte Flugzeugabstürze auf Basis der Richtlinie ENSI-A05 überarbeitet wird und formuliert deshalb den folgenden Hinweis:

Hinweis 6:

Die Bestimmung der Häufigkeiten von unfallbedingten Flugzeugabstürzen ist im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs gemäss Richtlinie ENSI-A05 von der EKKM AG zu überarbeiten.

Das vom Gesuchsteller dargelegte Vorgehen zur Auslegung der Anlage gegen Flugzeugabsturz und dessen Folgeeinwirkungen erfüllt vom Grundsatz her die Anforderungen der KEV und der zutreffenden UVEK-Verordnung [15]. Die konkreten Auslegungsanforderungen müssen gemäss Anhang 4 KEV im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens festgelegt werden. Zu diesem Zweck sind vom Gesuchsteller entsprechende Gefährdungsspezifikationen zu erstellen. Dabei ist die zum Zeitpunkt der Gesuchseinreichung gültige Richtlinie des ENSI zur Gefährdungsspezifika-

tion (ENSI-G02, Auslegungsgrundsätze für Leichtwasserreaktoren), welche auch die Belastungen aufgrund eines vorsätzlich verursachten Flugzeugabsturzes mit einbeziehen wird, zu berücksichtigen.

Die Eignung des Standorts EKKM wird durch die Gefährdung durch Flugzeugabstürze prinzipiell nicht in Frage gestellt, da der Gefährdung unabhängig von den ermittelten Absturzhäufigkeiten und der Topografie des jeweiligen Standorts deterministisch durch eine entsprechende Anlagenauslegung begegnet wird. Die Prüfung der konkreten Anlagenauslegung erfolgt im Rahmen der Baubewilligung.

4.2.5 Extreme Winde und Tornados

Angaben des Gesuchstellers

Extreme Winde

In den Kapiteln 3.3.4 und 3.6.2.23 des Sicherheitsberichts analysiert der Gesuchsteller die Gefährdung des Standorts EKKM durch extreme Winde. Dazu wurden die Messreihen der in 10-minütiger Auflösung aufgezeichneten maximalen Böenspitzen aus drei Messstellen (Mühleberg Meteomast, 10 m über Boden; Mühleberg Meteomast, 110 m über Boden; Richtstrahlmast Stockeren, 70 m über Boden) in einem 2-Kilometer-Umkreis des geplanten Standorts EKKM sowie aus zwei weiter entfernten Messstationen mit stündlicher Auflösung (Wynau und Bern-Liebefeld, beide 10 m über Boden) ausgewertet. Die Messreihen der Stationen Mühleberg und Stockeren decken den Zeitraum 1987 bis 2007 ab, während jene der Stationen Wynau und Bern-Liebefeld schon ab 1981 vorliegen.

Die erwähnten Messreihen wurden extremwertstatistisch ausgewertet. Die methodischen Aspekte dieser Auswertung sind in Kapitel 3.3.2 des Sicherheitsberichts zusammengefasst. Zur Ermittlung der erwarteten maximalen Böenspitzen für die Wiederkehrperioden von 50, 100, 200, 1 000 und 10 000 Jahren wurde eine generalisierte Extremwertverteilung (GEV) anhand der Blockmax-Methode angewendet. Der Gesuchsteller legt dar, dass die Bestimmung der maximalen Böenspitzen für grosse Wiederkehrperioden anhand der Daten problematisch ist, da die Datenreihen mit rund 20 Jahren zu kurz sind, um eine statistisch gut belegte Aussage machen zu können. Um möglichst kleine Unsicherheiten zu erhalten, verwendete der Gesuchsteller bei der Anwendung der Blockmax-Methode Blockgrössen von 1 Monat statt 1 Jahr.

In Mühleberg werden für die Überschreitungshäufigkeit von 10^{-4} pro Jahr in 10 bzw. 110 m über Boden maximale Böenspitzen von 29,6 m/s (95-%-Konfidenzintervall zwischen 25,6 und 35,3 m/s) bzw. 46,3 m/s (95-%-Konfidenzintervall zwischen 36,7 und 62,2 m/s) erwartet. Der Gesuchsteller führt aus, dass seit Inbetriebnahme der Messstelle Meteomast Mühleberg auf 10 m Höhe die stärkste gemessene Windböe (Sturmereignis «Lothar») die Geschwindigkeit von 102 km/h (ca. 28 m/s) erreicht hat. Bei diesem Sturmereignis wurden im Flachland sogar Böenspitzen bis zu 158 km/h (ca. 44 m/s) gemessen. Grund für diesen Unterschied sei die Abschirmung durch das hügelige Umland. Der Gesuchsteller weist darauf hin, dass das Sturmereignis «Lothar» in Mühleberg 10 m über Boden eine Wiederkehrperiode von 830 Jahren und auf Stockeren sogar von 2 000 Jahren hat.

Aufgrund des Vergleichs der maximalen Böenspitzen der verschiedenen Messstandorte gelangt der Gesuchsteller zum Schluss, dass der Standort EKKM durch seine Lage im Aaretal vor starken Winden gut geschützt ist. Der Gesuchsteller hält fest, dass die Gefährdungen durch extreme Winde bei der Projektierung der neuen Anlage unter Berücksichtigung der geltenden behördlichen Anforderungen detailliert untersucht werden.

Tornados

In Kapitel 3.3.4 des Sicherheitsberichts erläutert der Gesuchsteller zwei Wetterlagen, die in der Schweiz zur Entstehung von Tornados führen können: einerseits im Sommer durch starke Konvektion, wenn sich mehrere Gewitterzellen zu einer Superzelle vereinigen; andererseits infolge von starken Weststürmen, die vor allem im Winter auftreten. Die Gefährdung des Standorts EKKM durch Tornados wird in den Kapiteln 3.3.4 und 3.6.2.23 des Sicherheitsberichts analysiert. Der Gesuchsteller stützt sich dabei auf die im Internet verfügbaren Dokumentationen von Tornado-beobachtungen von TorDACH [79] und des Schweizer Sturmarchivs [80]. Aus den Tornado-beobachtungen in der Schweiz für den Beobachtungszeitraum von 1890 bis 2008 ist ersichtlich, dass Tornados vor allem im Jurabogen vom Genfersee bis zum Bodensee auftreten. Basierend auf den Beobachtungen der letzten 10 Jahre (13 Beobachtungen und 15 Vermutungen) geht der Gesuchsteller von 2,8 Tornados pro Jahr in der Schweiz aus. Dies entspricht etwa dem Wert aus der Dotzek-Studie [27] und den Angaben in der Richtlinie ENSI-A05 [90]. Für die Ermittlung der Tornadohäufigkeiten am Standort EKKM wurden die Dimensionen des Tornadoschadenszugs und des geplanten Kraftwerkareals berücksichtigt. Ferner wurde eine Gleichverteilung in der ganzen Schweiz für das Auftreten von Tornados angenommen. Die ermittelten Tornadohäufigkeiten sind nach Windstärke gemäss Fujita-Skala in Tabelle 3.6-4 des Sicherheitsberichts dargestellt. Dabei wird für den Standort EKKM eine totale Tornadohäufigkeit von $1,7 \cdot 10^{-4}$ Tornados pro Jahr ausgewiesen.

Der Gesuchsteller hält fest, dass die Gefährdungen durch Tornados bei der Projektierung der neuen Anlage unter Berücksichtigung der geltenden behördlichen Anforderungen detailliert untersucht werden.

Einfluss der Klimaänderung

In Kapitel 3.3.11 geht der Gesuchsteller auf die Auswirkungen der Klimaerwärmung ein. Gestützt auf einen Bericht [81] des beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung (OcCC) weist er darauf hin, dass starke Tiefdruckgebiete und damit Stürme seit 1930 häufiger geworden sind, deren Zugbahnen sich aber nordwärts verschoben haben. Die jährliche Anzahl Starkwindtage (Böenspitzen > 25 m/s) hat in Zürich in den letzten 150 Jahren abgenommen. Die zukünftige Entwicklung ist schwierig vorherzusagen. Die Klimamodelle zeigen noch grosse Unsicherheiten. Einerseits wirkt die Zunahme des Wasserdampfs in der Atmosphäre verstärkend auf Intensität und Häufigkeit von Sturmtiefs, andererseits werden die Temperaturgegensätze zwischen Arktis und tropischen Regionen und somit auch das Potenzial für starke Tiefdruckbildungen geringer.

Auch betreffend Tornados hält der Gesuchsteller fest, dass sich über die zukünftige Entwicklung der Tornadoaktivität in der Schweiz keine genaue Aussage machen lässt, da die Gewitterlagencharakteristik von Jahr zu Jahr verschieden ist.

Beurteilungsgrundlagen

Eine probabilistische Gefährdungsanalyse ist gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 der KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens durchzuführen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen werden sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an den Schutz von Kernanlagen gegen extreme Winde und Tornados sind in Art. 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Anforderungen an die Bestimmung der standortspezifischen Gefährdung durch extreme Winde und Tornados sind in der Richtlinie ENSI-A05 «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90] festgehalten.

Des Weiteren geben der IAEA Safety Guide No. NS-G-3.4 [112] und der MeteoSchweiz-Bericht 219 [82] Hinweise zu den methodischen Aspekten (Messverfahren, Sammlung von Messdaten) zur Ermittlung der extremen Wind- und Tornado-Gefährdung.

Als Basis für die Überprüfung der verwendeten Messdaten für Windgeschwindigkeiten wurde insbesondere der MeteoSchweiz-Bericht 226 [31] verwendet.

Beurteilung des ENSI

Im Rahmen der Ermittlung der Windgefährdung am Standort EKKM wurden Messdaten von verschiedenen Messstationen in der Umgebung des geplanten Standorts untersucht und extremwertstatistisch einzeln ausgewertet. Jedoch wurde keine Auswertung auf Basis von standortspezifischen Kurzzeitdaten und Langzeitdaten aus der Umgebung des Standorts durchgeführt, wie es die Richtlinie ENSI-A05 [90] vorsieht. Aus Sicht des ENSI sind die 21 Jahre (1987–2007) umfassenden Messreihen der Messstation Mühleberg (Meteomast 10 und 110 m über Boden) geeignet für eine standortspezifisch repräsentative probabilistische Gefährdungsanalyse, beinhalten die Messreihen doch auch die Daten der Orkane Vivian und Lothar. Da für die PSA auch kleinere Überschreitungshäufigkeiten als 10^{-4} pro Jahr abzuschätzen sind, erwartet das ENSI bei der im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens einzureichenden PSA eine umfassendere Analyse zur Verwendung von Langzeitdaten.

Zur Bestimmung der jährlichen Überschreitungshäufigkeit maximaler Windgeschwindigkeiten verwendet der Gesuchsteller die generalisierte Extremwertverteilung (GEV). Die Richtlinie ENSI-A05 [90] sieht eine Gumbel-Verteilung vor, welche einen Spezialfall der GEV darstellt. Das Vorgehen des Gesuchstellers wird jedoch vom ENSI als ebenfalls geeignet beurteilt. Die GEV wird für diesen Zweck auch von der IAEA empfohlen [112].

Die mit einer Blocklänge von einem Monat anhand der Blockmax-Methode ermittelten Windböengeschwindigkeiten für die Messstellen Mühleberg Meteomast 10 m und 110 m könnten aus Sicht des ENSI unterschätzt sein. Ein Zeichen dafür ist die mit diesem Vorgehen erhaltene hohe Wiederkehrperiode (830 Jahre) für das Sturmereignis «Lothar» an der Messstelle Mühleberg Meteomast 10 m. Resultate aus dem MeteoSchweiz-Bericht 226 [31] sowie unabhängige Nachrechnungen des ENSI mit einer Blocklänge von einem Jahr ergeben für die Wiederkehrperiode 10 000 Jahre um

ca. 10 m/s höhere Geschwindigkeiten. Gemäss MeteoSchweiz-Bericht 219 [82] ist die Unabhängigkeit und die Gleichverteilung der verwendeten Daten eine Voraussetzung für eine belastbare extremwertstatistische Auswertung anhand der Blockmax-Methode. Bei der Verwendung von Blocklängen kürzer als ein Jahr können jahreszeitliche Abhängigkeiten auftreten. Aus diesem Grund wird die Anwendung von Blocklängen kürzer als ein Jahr von der MeteoSchweiz [82] nicht empfohlen.

Die Lage im engen und gekrümmten Aaretal mit steil abfallenden Flanken wird vom ENSI in Übereinstimmung mit dem Gesuchsteller als günstig beurteilt.

Den Unsicherheiten bei der Bestimmung der maximalen erwarteten Böenspitzen aufgrund des beschränkten Umfangs der Datenreihen ist aus Sicht des ENSI mit einer robusten Auslegung der Anlage zu begegnen.

Die im Kapitel 3.6.2.23 des Sicherheitsberichts ermittelte Tornadoauftreffshäufigkeit am Standort EKKM basiert auf einer umfassenden Auswertung der dokumentierten in der Schweiz aufgetretenen Tornados. Die Berücksichtigung der Fläche des Tornadoschadenszugs und des Areals von EKKM bei der Berechnung entspricht den Anforderungen der Richtlinie ENSI-A05 [90]. Jedoch wurde abweichend von dieser Richtlinie eine Gleichverteilung der Tornados in der ganzen Schweiz und nicht in einer rechteckigen Fläche von 12 500 km² angenommen, was zu tieferen Werten der Tornadoauftreffshäufigkeit am Standort EKKM führt. Das ENSI erwartet, dass die Abschätzung im Rahmen der PSA für eine allfällige Baubewilligung verbessert wird.

Die Standorteignung wird durch die Gefährdungen «extreme Winde» und «Tornados» auch unter Berücksichtigung der künftigen Änderungen der meteorologischen Bedingungen vom ENSI nicht in Frage gestellt. Die durch extreme Winde und Tornados bedingten standortspezifischen Belastungen sind durch bauliche Massnahmen beherrschbar. Bei der Festlegung der massgebenden Auslegungsparameter im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens ist den Unsicherheiten jedoch ausreichend Rechnung zu tragen. Aus der ENSI-Beurteilung wird folgender Hinweis abgeleitet:

Hinweis 7:

Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens sind von der EKKM AG

- a) die Studie zu extremen Winden und Tornados unter Berücksichtigung der Richtlinie ENSI-A05 zu verbessern und*
- b) die Unsicherheiten bei der Bestimmung der maximalen Windböengeschwindigkeiten von extremen Winden und Tornados mit einer robusten Auslegung zu berücksichtigen.*

4.2.6 Andere standortspezifische Gefährdungen

4.2.6.1 Blitzschlag

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller hat im Sicherheitsbericht die potenzielle Gefährdung der Anlage EKKM durch Blitzschlag betrachtet. In Kapitel 3.3.9 «Blitze» wird die Blitzdichte für den vorgesehenen

Standort analysiert. Der Gesuchsteller stellt fest, dass in der Region Mühleberg im Mittel 1,5 Blitze pro Jahr und km² registriert werden. Unter Berücksichtigung einer Fläche von ca. 0,1 km² für den Standort kommt die EKKM AG zum Schluss, dass das Areal des EKKM im Mittel jährlich von ca. 0,15 Blitzen bzw. alle 6,7 Jahre von einem Blitz getroffen wird.

Die EKKM AG gibt in Kapitel 3.6.2.8 «Blitzschlag» weiter an, dass sicherheitsrelevante Gebäude und Systeme durch die Auslegung ausreichend gegen die möglichen Konsequenzen von Blitzschlag, entsprechend der erwarteten Auftretenshäufigkeit, geschützt sein werden. Mit dem Gesuch zur Baubewilligung wird, gemäss den gesetzlichen und behördlichen Anforderungen, das Blitzschutzkonzept der Anlage eingereicht.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der vorgesehenen Blitzschutzmassnahmen sind Art. 8 Abs. 6 und Anhang 4 Ziff. 2 KEV sowie Art. 5 Abs. 1 Bst. e der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15].

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller hat die Blitzaktivität am geplanten Standort zweckmässig untersucht. Die Betrachtung zeigt, dass der Wert der Blitzdichte am Standort dem schweizerischen Durchschnitt von 1,5 Blitzen pro km² und Jahr entspricht. Damit liegen bezüglich der Blitzdichte keine besonderen Verhältnisse vor. Der Gesuchsteller wird mit dem Baubewilligungsgesuch ein Blitzschutzkonzept einreichen. Mit der geplanten Einreichung des Blitzschutzkonzepts ist die diesbezügliche Anforderung gemäss Anhang 4 Ziff. 2 KEV erfüllt, welche ein entsprechendes Konzept unter der Rubrik «G1, Auslegungskonzepte/Auslegungsgrundlagen» implizit verlangt.

4.2.6.2 Explosion

Die potenzielle Gefährdung des EKKM durch Explosion, Feuerball und Fackelbrand wurde im Zusammenhang mit den von Verkehrswegen und Industrieanlagen in der Umgebung des EKKM ausgehenden Gefahren in Kapitel 4.1.2 des vorliegenden Gutachtens betrachtet. Der Gesuchsteller hat dabei die Auswirkungen von Explosionen (BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) als Folge von Transportunfällen auf Strasse und Schiene untersucht. Ebenfalls betrachtet wurden Gefährdungen, die von der nahe gelegenen Erdgas-Hochdruckleitung ausgehen könnten. Die Untersuchungen des Gesuchstellers haben gezeigt, dass solche Ereignisse aufgrund der Distanzen von Bahnlinie, Strassen und Erdgas-Hochdruckleitung zum EKKM keine relevante Gefährdung für die Anlage darstellen. Das ENSI stimmt dieser Einschätzung des Gesuchstellers zu.

4.2.6.3 Externe Brände

Angaben des Gesuchstellers

In Kapitel 3.6.2.3 des Sicherheitsberichts hält der Gesuchsteller fest, dass zum Schutz des EKKM gegen die Auswirkungen von Waldbränden bei der Auslegung der Anlage ein adäquater Abstand zum nächsten Wald eingehalten wird. Ebenfalls werden die Bereiche um die äussere Umzäunung von Gebüsch freigehalten, um zu verhindern, dass Feuer auf das Gelände übergrei-

fen kann. Zudem werden Anlage und Brandschutzeinrichtungen implizit so dimensioniert, dass Waldbrände sich nicht auf die Anlage ausbreiten können. Am Standort des EKKM wird eine voll ausgerüstete Feuerwehr einsatzbereit sein. Bei Bedarf kann im Ereignisfall Verstärkung durch die Berufsfeuerwehr Bern oder benachbarte Stützpunkt-Feuerwehren abgefordert werden.

Gemäss den Angaben der EKKM AG ist eine Gefährdung zusätzlich durch die Ansaugung von Rauch in die Lüftungsanlagen oder in Notstromaggregate denkbar. Die Frischluftversorgung soll jedoch so aufgebaut werden, dass das Ansaugen von Rauch detektiert und entsprechende Gegenmassnahmen eingeleitet werden. Aufgrund dieser Massnahmen schliesst der Gesuchsteller eine Gefährdung des EKKM durch Waldbrand aus.

Gemäss Aussage des Gesuchstellers in Kapitel 3.6.5 des Sicherheitsberichts werden die Anforderungen an den Brandschutz im Rahmen des Baubewilligungs- und Freigabeverfahrens festgelegt. Ein Brandschutzkonzept wird als Teil der Gesuchsunterlagen zum Baubewilligungsgesuch eingereicht.

Beurteilungsgrundlagen

Gefährdungsspezifikationen sind gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu erstellen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen des Gesuchstellers werden sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an den Schutz von Kernanlagen gegen externe Brände sind in Art. 8 KEV und in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] verankert.

Die Bestimmung der UVEK-Verordnung wird bezüglich Häufigkeitsbestimmung in der Richtlinie ENSI A05 [90] weiter konkretisiert. Gemäss Kapitel 4.6 dieser Richtlinie ist die Gefährdung durch externen Brand zu analysieren und – sofern relevant – deren Häufigkeit zu berechnen.

Als weitere Beurteilungsgrundlage wurde der IAEA Safety Guide NS-G-3.1 «External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plant Design» [108] herangezogen.

Beurteilung des ENSI

Die Kernenergieverordnung fordert in Art. 8, dass Schutzmassnahmen gegen Brände innerhalb und ausserhalb der Anlage zu treffen sind. Die Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] spezifiziert weiter, dass für den Brandfall die Auswirkungen «Heisse Gase», «Rauch» und «Wärmestrahlung» zu berücksichtigen und zu bewerten sind. Gemäss dem IAEA Safety Guide [108] soll ein Umkreis von 1 bis 2 km um den KKW-Standort auf mögliche Brandlasten untersucht werden. Am geplanten Standort EKKM ist eine solche Brandlast mit dem nahe gelegenen Wald vorhanden.

Der Gesuchsteller beabsichtigt, einen ausreichenden Waldabstand einzuhalten. Wie gross dieser Abstand sein muss, ist im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu klären. Das ENSI beurteilt die Sicherheit des EKKM mit der geforderten Auslegung gegen Treibstoffbrand als Folge

eines Flugzeugabsturzes in das Kraftwerksareal auch im Falle eines nahen Waldbrands als grundsätzlich gewährleistet. Die Lage des Standorts am Fuss des bewaldeten Runtigenrains ist bezüglich einer möglichen Gefährdung durch einen Waldbrand als günstig zu bewerten, da sich Waldbrände bevorzugt in ansteigender Richtung ausbreiten. Bei einem Brand des Waldes am gegenüberliegenden Ufer stellt die Aare eine wirksame Barriere dar.

Die Zugangsmöglichkeiten zum Werksgelände werden vom ENSI als grundsätzlich ausreichend erachtet, um die Erreichbarkeit für Einsatzkräfte und Personal auch bei einem Waldbrand sicherzustellen. Einzig bei einem grossflächigen Waldbrand, der die Zufahrten von Buttenried und über das Stauwehr Mühleberg simultan tangiert, könnte der Zugang zum Werksgelände beeinträchtigt werden. Das ENSI formuliert daher den folgenden Hinweis:

Hinweis 8:

Das Vorgehen bei einem Waldbrand, der sowohl die Zufahrt von Buttenried als auch diejenige über das Stauwehr Mühleberg beeinträchtigt, ist von der EKKM AG im Brandschutzkonzept zu behandeln.

Ein möglicher Ausfall der externen Stromversorgung infolge eines Waldbrands ist durch die Auslegungsanforderungen gemäss Art. 8 Abs. 3 KEV, wonach Schutzmassnahmen gegen diese Gefährdung zu ergreifen sind, abgedeckt. Das ENSI kommt insgesamt zum Schluss, dass die Standorteignung durch die Gefährdung durch externe Brände nicht in Frage gestellt ist.

4.2.6.4 Verstopfung von Flusswasserfassungen

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller geht in Kapitel 3.6.2.14 des Sicherheitsberichts auf Ursachen ein, welche zu einer Verstopfung der Flusswasserfassungen führen können. In diesem Kapitel werden ausschliesslich biologische Ereignisse analysiert wie etwa Verstopfungen durch Fischeschwärme, Algen, Seegras und Schwemmholz. In anderen Abschnitten des Kapitels 3.6 werden noch die folgenden Ursachen für eine Verstopfung der Flusswasserfassungen respektive für einen Unterbruch der Kühlwasserzufuhr betrachtet: Materialablagerungen nach einem Dammbuch, durch Erdbeben verursachte Verschlammung, Vereisung, Erdbeben sowie die Gefährdungen durch «aussergewöhnliche Winterbedingungen» und «aussergewöhnliche Sommerbedingungen».

Der Gefahr einer Verstopfung soll bei der Projektierung durch eine geeignete Anordnung und Grösse der Wasserfassungen begegnet werden. Im Fall des Schwemmholzes wird auf die Rückhaltungswirkung des Wohlensees hingewiesen. In Kapitel 3.6.2.42 des Sicherheitsberichts wird zudem festgehalten, dass der Schutz der Anlage gegen einen Verlust der externen Kühlwasserzufuhr durch auslegungstechnische Massnahmen gewährleistet wird.

Beurteilungsgrundlagen

Gefährdungsspezifikationen sind gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 der KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu erstellen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen des Gesuchstellers werden sinngemäss beurteilt.

Die Anforderungen an den Schutz von Kernanlagen gegen Beeinträchtigung oder Unterbruch der externen Kühlwasserzufuhr sind in Art. 8 KEV verankert. Gemäss Kapitel 4.6 der Richtlinie ENSI-A05 [90] ist diese Gefährdung zu analysieren und – sofern relevant – deren Häufigkeit zu berechnen.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller betrachtet die wesentlichen Ursachen, welche zum Verstopfen der Flusswasserfassungen führen können. Die EKKM AG hat für diese Gefährdung auf Stufe Rahmenbewilligungsverfahren noch keine Häufigkeit bestimmt. Gemäss den Anforderungen der KEV und der ENSI-A05 [90] sind solche Untersuchungen erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu erbringen, falls die Gefährdung relevant ist.

Das ENSI ist der Auffassung, dass die Gefährdung «Verstopfen der Flusswasserfassungen» im Wesentlichen von der konkreten Auslegung der zu bauenden Anlage abhängig ist. Das ENSI hält in diesem Zusammenhang fest, dass Vorkehrungen gegen den Ausfall der externen Kühlwasserzufuhr bereits bei den bestehenden Kernkraftwerken getroffen wurden und dass die Beherrschung dieser Gefährdung dem Stand der Technik entspricht. Deshalb wird im Zusammenhang mit dem Rahmenbewilligungsgesuch die Aussage des Gesuchstellers, wonach die Anlage gegen einen Ausfall der externen Kühlwasserzufuhr ausgelegt wird, als ausreichend betrachtet. Die Festlegung der konkreten Auslegung sowie Massnahmen zur Verhinderung von Verstopfungen von Flusswasserfassungen sind Gegenstand des Baubewilligungsverfahrens.

4.2.6.5 Vereisung von Komponenten

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller hat die Gefahr der Vereisung und deren Auswirkungen im Sicherheitsbericht betrachtet. Das Phänomen der Vereisung wird anhand der Umgebungsbedingungen untersucht, und es wird in Kapitel 3.3.6 aufgezeigt, dass in den Monaten Oktober bis April mit einer tageszeitabhängigen Vereisungsgefahr zu rechnen ist. Eine Vereisungsgefahr besteht bei Temperaturen im Bereich von -5 bis 0°C und einer relativen Luftfeuchte von >90 %.

In Kapitel 3.6.2.5 wird auf die Auswirkungen der Eisbildung an Komponenten eingegangen. Die EKKM AG nennt die Möglichkeit der Eisbildung an Komponenten des Stromnetzes (Kabel, Transformatoren) und weist darauf hin, dass ein Verlust der externen Stromversorgung als Folge von Vereisung durch die Anlage beherrscht wird (anlageninterne Notstromversorgung). Weiter wird auf die Vereisung von Lufteintritten sicherheitsrelevanter Lüftungs- oder Hilfssysteme eingegangen. Dieser Gefährdung will der Gesuchsteller durch eine geeignete Auslegung begegnen, beispielsweise indem die Blenden oder Gitter, die an den Eintrittsöffnungen angebracht werden, um den Eintritt von Fremdkörpern bzw. Insekten zu vermeiden, elektrisch beheizt werden.

Der Gesuchsteller zieht die Schlussfolgerung, dass die Vereisung von Komponenten kein relevantes Gefährdungspotenzial darstellt. Die Einzelheiten der konstruktiven bzw. technischen Massnahmen zur Verhinderung von Vereisung werden von der EKKM AG später im Gesuch zur Baubewilligung beschrieben.

Beurteilungsgrundlagen

Gefährdungsspezifikationen sind gemäss Art. 24 KEV in Verbindung mit Art. 8 KEV erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu erstellen. Die hierzu bereits vorliegenden Unterlagen des Gesuchstellers werden sinngemäss beurteilt.

Massgebend für die Beurteilung sind die allgemeinen Grundlagen in Art. 7 KEV (Anforderungen an die nukleare Sicherheit), in Art. 8 KEV (Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle), in Art. 10 KEV (Grundsätze für die Auslegung von Kernkraftwerken), in Art. 23 KEV (Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung) sowie in Art. 24 KEV (Gesuchsunterlagen für die Baubewilligung).

Speziell zu den Gefährdungsannahmen bei extremen Wetterbedingungen sind Anforderungen in Art. 5 Abs. 1 Bst. d der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [15] enthalten.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller hat die Gefahr der Vereisung von Komponenten im Sicherheitsbericht angemessen untersucht. Er hat die regionalen meteorologischen Umgebungsbedingungen ermittelt, die zu Vereisung führen können. Die hieraus für den Standort EKKM abgeleitete Möglichkeit der Vereisung im Zeitraum Spätherbst bis Frühlingsbeginn ist aus Sicht des ENSI plausibel.

Die EKKM AG plant als Konsequenz, das Potenzial der Vereisung von Lufteintritten sicherheitsrelevanter Lüftungs- oder Hilfssysteme bei der Auslegung im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu berücksichtigen. Damit sind die diesbezüglichen gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich des Detaillierungsgrads der Angaben im Sicherheitsbericht auf Stufe Rahmenbewilligungsgesuch erfüllt. Die konkreten Massnahmen sind im Baubewilligungsverfahren aufzuzeigen.

Der Ausfall der externen Stromversorgung als Folge einer Vereisung von Starkstromfreileitungen des Höchstspannungsnetzes ist in der Schweiz nach Einschätzung des ENSI aufgrund der konservativen Auslegung beim Leitungsbau wie auch der starken Vernetzung in der regionalen Stromverteilung unwahrscheinlich. Zudem kann ein solcher Ausfall durch eine geeignete Auslegung der Anlage (Möglichkeit des Lastabwurfs auf Eigenbedarf, interne Notstromversorgung) beherrscht werden. Dies trifft auch für einen Ausfall der externen Stromversorgung durch Vereisungen in der Schaltanlage zu.

4.3 Zusammenfassende Bewertung der Standorteignung

In Kapitel 4.1 und 4.2 wurden die für den Bau und Betrieb eines Kernkraftwerks am Standort EKKM massgebenden Standorteigenschaften und das damit verbundene Gefährdungspotenzial untersucht und bewertet. Der Umfang der dabei betrachteten Standorteigenschaften entspricht den Vorgaben, wie sie in den Safety Requirements NS-R-3 «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107] der IAEA formuliert sind. Die Standorteigenschaften und Gefährdungen werden im Folgenden zusammenfassend bewertet.

Folgende Standorteigenschaften, die zur Beurteilung der Eignung eines Kernkraftwerkstandorts erforderlich sind, wurden von der EKKM AG untersucht:

- Geografie und Bevölkerungsverteilung
- Verkehrswege und Industrie
- Baustelleneinrichtung und Logistik
- Meteorologie
- Hydrologie und Hydrogeologie
- Geologie, Seismik und Baugrund
- Netzanbindung
- Infrastruktur Brandschutz

Ferner wurde deren Einfluss auf die Eignung des Standorts EKKM im Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch bewertet. Der Gesuchsteller kommt insgesamt zum Schluss, dass sich der Standort für den Bau und Betrieb des EKKM durch günstige Eigenschaften auszeichnet.

Das ENSI hat die Angaben des Gesuchstellers zur Standorteignung detailliert überprüft und stellt fest, dass die EKKM AG die Standorteigenschaften umfassend betrachtet hat. Es wurden sämtliche Aspekte des Standorts, die im Hinblick auf den Bau und Betrieb eines Kernkraftwerks relevant sind, evaluiert. Dabei wurden internationale Anforderungen hinsichtlich Umfang und Tiefe einer Standortevaluation, wie sie von der IAEA vorgegeben sind, berücksichtigt. Die Ergebnisse der Analysen haben nach Einschätzung des ENSI gezeigt, dass keine Eigenschaften vorhanden sind, die den Standort EKKM grundsätzlich in Frage stellen. Zu einigen Aspekten der Analysen des Gesuchstellers bezüglich Baugrund und Seismik hat das ENSI festgestellt, dass weiterer Klärungsbedarf besteht. Zu diesen Aspekten hat das ENSI der Bewilligungsbehörde die Auflagen Nr. 2 und 3 vorgeschlagen. Weiter wurden einige Hinweise zu verschiedenen Themen formuliert, die vom Gesuchsteller im Laufe der nachfolgenden Bewilligungsverfahren zu beachten sind. Insgesamt beurteilt das ENSI die Standorteignung jedoch als gegeben.

In Kapitel 4.2 wurde die potenzielle Gefährdung des EKKM durch externe Störfälle untersucht und deren Einfluss auf die Standorteignung und die erforderliche Auslegung der Anlage bewertet. Dabei wurden folgende Gefährdungen untersucht:

- Erdbeben
- externe Überflutung
- Flugzeugabsturz
- extreme Winde und Tornados
- andere Gefährdungen wie Explosion, externe Brände, Blitzschlag, Verstopfen von Flusswasserfassungen und Vereisung

Die Untersuchungen haben aus Sicht des Gesuchstellers gezeigt, dass keine Gefährdungspotenziale vorliegen, die den sicheren Betrieb des EKKM in Frage stellen. Den Gefährdungen durch seismische Bodenerschütterungen, externe Überflutung, Flugzeugabsturz sowie durch extreme Winde und Tornados wird durch auslegungstechnische Massnahmen begegnet. Als weitere

standortspezifische Gefährdungen wurden Blitzschlag, Explosionen, externe Brände, Verstopfung von Flusswasserfassungen und Vereisung von Komponenten betrachtet. Alle diese Gefährdungen stellen keine ausserordentlichen Potenziale dar und sind ebenfalls durch auslegungstechnische Massnahmen beherrschbar, wie dies dem bereits heute realisierten Stand der Technik entspricht.

Die Überprüfung der Angaben der EKKM AG zum standortspezifischen Gefährdungspotenzial durch das ENSI hat ergeben, dass das im Sicherheitsbericht beschriebene Gefährdungspotenzial vollständig und weitestgehend korrekt dargestellt wurde. Das dabei betrachtete Spektrum externer Ereignisse entspricht den Anforderungen des schweizerischen Regelwerks und auch internationalen Anforderungen der IAEA. Die vom Gesuchsteller durchgeführten Analysen werden vom ENSI weitgehend als korrekt, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend und für die Beurteilung des Gefährdungspotenzials geeignet betrachtet. Aus Sicht des ENSI sind jedoch in den Bereichen Erdbebengefährdung, Flugzeugabsturz, extreme Winde und Waldbrand zusätzliche Abklärungen erforderlich, damit die diesbezüglichen Auslegungsgrundlagen bzw. Schutzmassnahmen für das EKKM festgelegt werden können. In dieser Hinsicht hat das ENSI den Auf-lagenvorschlag Nr. 4 sowie einige Hinweise formuliert.

Insgesamt ist das ENSI der Ansicht, dass die Eignung des Standorts EKKM durch die Ergebnisse der Untersuchung des externen Gefährdungspotenzials nicht in Frage gestellt ist. Die Gefährdungen sind durch geeignete auslegungstechnische Massnahmen beherrschbar. Die konkrete Umsetzung der Gefährdungspotenziale in Gefährdungsspezifikationen für die Auslegung der Anlage wird im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erfolgen.

5 Strahlenschutz

5.1 Rechtfertigung, Begrenzung und Optimierung

Angaben des Gesuchstellers

Die Darlegungen der EKKM AG zum Strahlenschutz und zur Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage sind in Kapitel 4 des Sicherheitsberichts enthalten. Der Gesuchsteller hält fest, dass die Erzeugung elektrischer Energie mittels eines Kernkraftwerks mit einer Strahlenexposition verbunden ist. Mit dem Einhalten der Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes ist der Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen (Art. 1 StSG [12]) sichergestellt. Laut Strahlenschutzgesetz darf eine Tätigkeit, bei der Menschen oder die Umwelt ionisierenden Strahlen ausgesetzt sind (Strahlenexposition), nur ausgeübt werden, wenn sie sich unter Berücksichtigung der damit verbundenen Vorteile und Gefahren rechtfertigen lässt (Art. 8 StSG).

Im Sinne der internationalen Strahlenschutzkommission ICRP bedeutet Rechtfertigung ein Abwägen von Vor- und Nachteilen, von Nutzen und Risiko der mit Strahlenexposition verbundenen Tätigkeiten. Ein solches Abwägen erfolgt weitgehend qualitativ. Es kann höchstens teilweise quantifiziert werden und bleibt daher eine Ermessensfrage. So ist die Antwort auf die Frage, wie weit eine mit Strahlenexposition verbundene Tätigkeit überhaupt zulässig sei, letztlich ein politischer Entscheid. Nach Auffassung der ICRP ist die Rechtfertigung in einem allgemeinen Sinne dann gegeben, wenn der Gesetzgeber eine Tätigkeit gesetzlich geregelt hat. Die grundsätzliche Rechtfertigungsfrage ist dann nicht mehr für jede einzelne Bewilligung erneut zu stellen.

Die Rechtfertigung der durch das EKKM verursachten Strahlenexposition ist im Allgemeinen durch das Kernenergiegesetz gegeben, welches die friedliche Nutzung der Kernenergie regelt und insbesondere den Schutz von Mensch und Umwelt vor ihren Gefahren bezweckt (Art. 1 KEG).

Gemäss Strahlenschutzgesetz müssen zur Begrenzung der Strahlenexposition jeder einzelnen Person sowie der Gesamtheit der Betroffenen alle Massnahmen ergriffen werden, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik geboten sind (Art. 9 StSG), wobei der Aufwand für eine Begrenzung der Strahlenexposition in einem vertretbaren Verhältnis zur erreichbaren Reduktion der Strahlenbelastung stehen soll. Nach Anwendung der in der Strahlenschutzverordnung konkretisierten Optimierung wird die Strahlenexposition nach dem Grundsatz der Verhältnismässigkeit so tief sein, wie vernünftigerweise erreichbar (Art. 6 StSV [13]). Dieser Forderung wird einerseits bei der Auslegung der Anlage und andererseits auch bei den für die spätere Inbetriebsetzung und den Betrieb zu treffenden Massnahmen zum Schutz des Personals innerhalb der Anlage und der Bevölkerung nachgekommen.

Die EKKM AG gibt als Auslegungsgrundsätze für die Anlage hinsichtlich des Strahlenschutzes in Kapitel 4.1.4.1 des Sicherheitsberichts an, dass bereits bei der Auslegung Schutzmassnahmen nach international anerkannten Grundsätzen getroffen werden, welche insbesondere den Einsatz qualitativ hochwertiger Bauteile, gestaffelte Sicherheitsbarrieren, die mehrfache Ausführung und die Automation von Sicherheitssystemen umfassen (Art. 5 Abs. 1 KEG).

Bei der Auslegung des EKKM ist vorgesehen, dass den Strahlenschutzaspekten bereits in einem frühen Stadium des Anlagedesigns Rechnung getragen wird. Das gilt insbesondere für die gemäss KEV als Bestandteil der technischen Beschreibung des Baugesuchs einzureichenden Konzepte für radiologische Zonen, Abschirmung, Umgebungsüberwachung, Raum-, System- und Emissionsüberwachung, Notfallschutz, Abwasser, Abfallkonditionierverfahren und Zwischenlagerung von Abfällen. Bei der Evaluation dieser Konzepte wird dem Aspekt einer sauberen Trennung der kontrollierten Zone von der nicht kontrollierten Zone sowohl in baulicher Hinsicht als auch in Bezug auf Anlagensysteme besondere Beachtung zukommen.

Der Schutz der strahlenexponierten Personen ist in Kapitel 2 des Strahlenschutzgesetzes geregelt. Für eine Kernanlage sind die Bestimmungen zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte (Art. 11 StSG), zur Ermittlung der Strahlendosis (Art. 12 StSG), zu medizinischen Massnahmen bei beruflich strahlenexponierten Personen (Art. 13 StSG), zur Bekanntgabe von medizinischen Daten dieser Personen (Art. 14 StSG) sowie zur Verantwortlichkeit in Betrieben (Art. 16 StSG) relevant. Die Massnahmen zur Einhaltung dieser Bestimmungen werden entsprechend den Vorgaben in der Kernenergieverordnung in den Unterlagen zur Betriebsbewilligung, insbesondere im Strahlenschutzreglement, dargelegt.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers hinsichtlich Rechtfertigung, Begrenzung und Optimierung des Strahlenschutzes sind die diesbezüglichen gesetzlichen Anforderungen: Der Zweck nach Art. 1 StSG, die Rechtfertigung der Strahlenexposition nach Art. 8 StSG, der Gegenstand und Zweck gemäss Art. 1 KEG, die Begrenzung der Strahlenexposition nach Art. 9 StSG, die Optimierung nach Art. 6 StSV, die Schutzmassnahmen nach Art. 5 Abs. 1 KEG, die Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach Art. 11 StSG, die Ermittlung der Strahlendosis nach Art. 12 StSG, die medizinischen Massnahmen bei beruflich strahlenexponierten Personen gemäss Art. 13 StSG, die Bekanntgabe von medizinischen Daten nach Art. 14 StSG sowie die Verantwortlichkeit in Betrieben nach Art. 16 StSG.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI stellt fest, dass die Angaben des Gesuchstellers bezüglich Rechtfertigung, Begrenzung und Optimierung des Strahlenschutzes den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Die Angaben, die auf Stufe Rahmenbewilligung mehrheitlich den Charakter von Absichtsbekundungen aufweisen, werden vom Gesuchsteller im Rahmen der folgenden Bewilligungsverfahren weiter konkretisiert. Deren Umsetzung wird dann vom ENSI überprüft.

5.2 Quellenbezogener Dosisrichtwert

Angaben des Gesuchstellers

Für den Standort des bestehenden KKM wurde in Übereinstimmung mit der Richtlinie HSK-R-11 [95] ein quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr festgelegt. Auf Basis dieses Wertes wurden die Abgabemengen radioaktiver Stoffe an die Umgebung und die Direktstrahlung für das KKM begrenzt.

Da das Ersatzkernkraftwerk in unmittelbarer Nähe des KKM errichtet wird, schlägt der Gesuchsteller vor, den für KKM gültigen quellenbezogenen Dosisrichtwert auf den Gesamtstandort KKM und EKKM zu übertragen. Der zukünftige Betriebsbewilligungsinhaber für das EKKM und der Bewilligungsinhaber des bestehenden KKM werden die gemeinsame Nutzung dieses für den Standort der beiden Anlagen festgelegten quellenbezogenen Dosisrichtwerts vertraglich regeln.

Beurteilungsgrundlagen

Die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage ist gemäss Art. 14 Abs. 1 Bst. e KEG in der Rahmenbewilligung festzulegen. Massgebend für die Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zum quellenbezogenen Dosisrichtwert sind folgende Grundlagen:

- Art. 7 StSV, Quellenbezogener Dosisrichtwert
- Art. 80 StSV, Abgabe luftgetragener und flüssiger Abfälle
- Art. 94 StSV, Vorsorge
- Art. 4 Abs. 2 KEG, Berücksichtigung der Langzeitfolgen auf das Erbgut
- Art. 8 KEV, Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle

Beurteilung des ENSI

Gemäss Art. 14 Abs. 1 Bst. e KEG legt die Rahmenbewilligung die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage fest. Damit ist nach der Botschaft zum KEG [9] die Festlegung eines quellenbezogenen Dosisrichtwerts (QBDR) gemäss Art. 7 StSV gemeint. Der QBDR wird von der Bewilligungsbehörde nach dem Prinzip der Optimierung unter Berücksichtigung der Abgaben radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung aus anderen Betrieben (Art. 7 Abs. 3 StSV) so festgelegt, dass er nicht höher ist als der Dosisgrenzwert für nichtberuflich strahlenexponierte Personen.

Gemäss Art. 94 Abs. 2 und 3 StSV ist die Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage sowohl im Normalbetrieb wie bei Ereignissen mit einer Häufigkeit von mehr als 10^{-1} pro Jahr (Betriebsstörungen) als auch bei Störungen, die mit einer Häufigkeit zwischen 10^{-1} und 10^{-2} pro Jahr zu erwarten sind, durch den QBDR zu begrenzen.

Die Berücksichtigung der Langzeitfolgen auf das Erbgut (Art. 4 Abs. 2 KEG) ist durch die Festlegung der Dosisfaktoren in der Strahlenschutzverordnung gewährleistet.

Die Summe der Dosen aus allen Abgabepfaden darf dabei den QBDR nicht übersteigen. Das UVEK (als Bewilligungsbehörde für Bau und Betrieb) wird die maximal zulässigen Abgaberraten entsprechend festlegen (Art. 80 StSV). Zusätzlich sind die Immissionsgrenzwerte gemäss Art. 102 Abs. 3 StSV einzuhalten.

Hinsichtlich der Direktstrahlung aus den Anlagen ist zu beachten, dass als Richtwert für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals eine effektive Dosis von 0,1 mSv pro Jahr für eine Einzelperson aus der Bevölkerung festgelegt ist [95].

Das ENSI begrüsst die vom Gesuchsteller geäusserte Absicht, eine einvernehmliche vertragliche Regelung für die gemeinsame Nutzung des QDBR des Standorts anzustreben, falls es am Standort unterschiedliche Betreiberorganisationen geben würde. Dabei ist zu beachten, dass für KKM formell in der Bewilligung kein QBDR festgelegt ist.

Basierend auf diesen Festlegungen schlägt das ENSI der Bewilligungsbehörde vor, in der Rahmenbewilligung für das EKKM die folgende Auflage festzusetzen:

Auflage 5:

Für die am Standort Mühleberg betriebenen Kernanlagen wird ein gemeinsamer quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr zum Schutz von Einzelpersonen aus der Bevölkerung festgelegt. Befinden sich mehrere Kernanlagen am Standort, sind die Limiten für die Abgaben der einzelnen Anlagen so festzulegen, dass die gesamthaft resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung weniger als 0,3 mSv/Jahr beträgt. Der Beitrag der Direktstrahlung des Standorts zum quellenbezogenen Dosisrichtwert für Einzelpersonen der Bevölkerung ist auf 0,1 mSv/Jahr zu beschränken.

5.3 Voraussichtliche Strahlenexposition innerhalb und in der Umgebung der Anlage

Angaben des Gesuchstellers

Die durch das EKKM verursachte Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage setzt sich zusammen aus der Strahlenexposition infolge von luftgetragenen und flüssigen Abgaben radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung aus der Anlage. Da Auslegung, Bau und Betrieb des EKKM unter konsequenter Beachtung der Grundsätze erfolgen werden, wie sie im Zusammenhang mit Strahlenexposition im Kernenergiegesetz (Art. 4 KEG) und in der Strahlenschutzgesetzgebung (Art. 9 StSG und Art. 79 StSV) formuliert sind, ist davon auszugehen, dass die vom EKKM verursachte Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage im Normalbetrieb nicht höher sein wird als diejenige der neueren heute betriebenen Anlagen gleichen Reaktortyps.

Die Auslegung des EKKM erfolgt derart, dass die in der Strahlenschutzverordnung gegebenen Immissionsgrenzwerte (Art. 102 StSV) beim späteren Betrieb eingehalten werden können und die dort geforderte Immissionsüberwachung (Art. 103 StSV) durch den Betrieb ordnungsgemäss erfolgen kann.

Die Strahlenexposition der Bevölkerung wird durch den Einbau geeigneter Filter, Verzögerungsstrecken, Abschirmungen, Abwasseraufbereitungssysteme usw. sowie durch eine geeignete betriebliche Fahrweise unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte und der behördlich festgelegten Abgabelimiten im Sinne des Optimierungsprinzips weiter reduziert. Damit ist gewährleistet, dass die zuständigen Behörden entsprechend ihrer Aufgabe beim Vollzug der Umweltvorschriften [117] u. a. auch die gemäss internationalen Übereinkommen [118], [120] sowie zum Schutz des Nordost-Atlantiks [119] gegebenen Empfehlungen berücksichtigen können.

Beurteilungsgrundlagen

Gemäss Art. 23 KEV hat der Gesuchsteller für eine Rahmenbewilligung Unterlagen einzureichen, aus denen unter anderem die voraussichtliche Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage hervorgeht.

Die Angabe der voraussichtlichen Strahlenexposition muss dabei im Rahmenbewilligungsgesuch mindestens in einem Detaillierungsgrad erfolgen, welcher die Beurteilung der Erfüllung von Art. 4 Abs. 3 Bst. a KEG erlaubt, welcher fordert, dass bei der Nutzung der Kernenergie im Sinne der Vorsorge alle Vorkehrungen zu treffen sind, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik notwendig sind. Weiterhin sind gemäss Art. 4 Abs. 3 Bst. b KEG alle Vorkehrungen zu treffen, die zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beitragen, soweit sie angemessen sind.

Auch gemäss Art. 9 StSG müssen zur Begrenzung der Strahlenexposition jeder einzelnen Person sowie der Gesamtheit der Betroffenen alle Massnahmen ergriffen werden, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik geboten sind. Dabei soll der Aufwand für eine Begrenzung der Strahlenexposition in einem vertretbaren Verhältnis zur erreichbaren Reduktion der Strahlenbelastung stehen.

Beurteilung des ENSI

Die gemäss Art. 23 KEV vorgelegten Angaben des Gesuchstellers zur voraussichtlichen Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen entsprechen dem im Rahmenbewilligungsverfahren zu erwartenden Detaillierungsgrad. Das ENSI ist mit den Aussagen des Gesuchstellers einverstanden und wird sich in den folgenden Bewilligungsschritten davon überzeugen, dass die gebotenen Massnahmen von der EKKM AG ergriffen werden, um gemäss der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik die Strahlenexposition jeder einzelnen Person sowie der Gesamtheit der Betroffenen zu begrenzen.

5.4 Notfallschutz

Angaben des Gesuchstellers

Kapitel 2.6. des Sicherheitsberichts thematisiert den Notfallschutz. Zum Schutz vor einer Gefährdung durch radioaktive Strahlung wird eine Kernanlage auf der Basis der gestaffelten Sicherheitsvorsorge ausgelegt. Diese beinhaltet auch den anlageinternen Notfallschutz, welcher in der Auslegung der Anlage zum Tragen kommt. Die letzte Stufe der gestaffelten Sicherheitsvorsorge bildet der anlageexterne Notfallschutz, welcher dem Schutz der Bevölkerung dient. Die Vorbereitung und Umsetzung von Notfallschutzmassnahmen wird in der Betriebsorganisation des zukünftigen Bewilligungsinhabers enthalten sein, welche sich im Laufe des Projekts entwickeln wird. Eine ausreichende Störfallinstrumentierung, ein SPDS (Safety Parameter Display System) und ein PASS (Post Accident Sampling System) werden der Betriebsmannschaft resp. dem Notfallstab zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden Strategien zur Milderung der Auswirkung von schweren Unfällen sowie dementsprechende Entscheidungshilfen entwickelt werden.

Die detaillierte Analyse von schweren Störfällen sowie deren mögliche Auswirkungen auf die Umgebung der Kernanlage und die dort wohnhafte Bevölkerung werden im Gesuch zur Baubewilligung dokumentiert. Auch die allfällig zu treffenden Massnahmen werden daraus ersichtlich sein. Bezüglich des anlageexternen Notfallschutzes führt der Gesuchsteller aus, dass die für das EKKM in Frage kommenden Reaktortypen eine fortschrittliche Auslegung mit einem sehr hoch entwickelten Sicherheitsdispositiv aufweisen. Die Auswirkungen auch von schweren Störfällen werden somit mit höchster Wahrscheinlichkeit auf die Anlage begrenzt bleiben. Für sehr unwahrscheinliche auslegungsüberschreitende Störfälle werden aber Massnahmen für den externen Notfallschutz vorgesehen. Diese werden dem Dosismassnahmenkonzept DMK der VEOR [17] entsprechen.

Die EKKM AG hat in Kapitel 2.6.4 des Sicherheitsberichts auch Betrachtungen zur vorsorglichen temporären Evakuierung der Bevölkerung der Zone 1 des EKKM vorgenommen und dazu einige Grundsätze formuliert. Der Gesuchsteller kommt aufgrund dieser Betrachtungen zum Schluss, dass eine vorsorgliche Evakuierung innerhalb von vier bis sechs Stunden realisierbar wäre. Die Planung solcher Massnahmen obliegt allerdings kantonalen Stellen.

Zusammenfassend führt der Gesuchsteller aus, dass die Notfallplanung für das EKKM auf die gleiche Art und Weise gestaltet wird wie für das benachbarte KKM. Aufgrund der dünnen Besiedlung des Nahbereichs des EKKM und der moderaten Entwicklung der Einwohnerzahlen in der Umgebung des Standorts werden sich die Vollzugsprobleme bei der Umsetzung von Notfallschutzmassnahmen in Grenzen halten, auch unter einem gewissen Zeitdruck bei der Umsetzung einer Evakuierung. Der Gesuchsteller erwartet auf längere Sicht keine Erschwernisse für die Notfallplanung. Es kann bereits heute davon ausgegangen werden, dass die Möglichkeit der praktischen Umsetzung der Notfallschutzmassnahmen im Einklang mit den Empfehlungen der IAEA aufgezeigt werden kann.

Beurteilungsgrundlagen

Massgebend für die Beurteilung des Kapitels sind die allgemeinen Grundlagen in Art. 4 KEG (Grundsätze für die Nutzung der Kernenergie) und Art. 13 KEG (Voraussetzungen für die Erteilung der Rahmenbewilligung), in Art. 7 KEV (Anforderungen an die nukleare Sicherheit) sowie in Art. 23 KEV (Inhalt der Gesuchsunterlagen).

Die Beurteilung der Angaben zum anlageinternen Notfallschutz erfolgt anhand Art. 5 KEG sowie Anhang 4 KEV. Die Beurteilung der Angaben zum anlageexternen Notfallschutz erfolgt anhand der in der Notfallschutzverordnung [11] und der Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität VEOR [17] festgehaltenen Anforderungen. Ferner werden die Bestimmungen des Konzepts für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen [83] berücksichtigt sowie die Vorgaben der IAEA (IAEA Safety Standard Series, «Site Evaluation for Nuclear Installations», NS-R-3, 2003, [107]).

Beurteilung des ENSI

Die gemäss Art. 5 KEG vorzubereitenden Notfallschutzmassnahmen sind nach Anhang 4 KEV mit den Gesuchen zur Bau- bzw. Betriebsbewilligung im Rahmen des Notfallschutzkonzepts bzw.

des Notfallreglements darzulegen. Dies betrifft insbesondere zukünftige Vorkehrungen der betrieblichen Organisation zur Sicherstellung des Notfallschutzes.

Gemäss Art. 13 KEG kann eine Rahmenbewilligung erteilt werden, wenn unter anderem der Schutz von Mensch und Umwelt sichergestellt werden kann. In diesem Zusammenhang stellen die Massnahmen des anlageexternen Notfallschutzes das letzte Glied der gestaffelten Sicherheitsvorsorge dar. Sie dienen dem Schutz gegen die radiologischen Auswirkungen einer möglichen Freisetzung aus der Anlage. In Anlehnung an die Anforderungen der IAEA [107] ist das ENSI der Auffassung, dass die Bevölkerungsverteilung um den geplanten Standort und deren mögliche Auswirkung auf die Umsetzung von Notfallschutzmassnahmen zu betrachten sind. Dabei ist gemäss IAEA aufzuzeigen, dass die zukünftige Erstellung von Notfallplänen nicht durch «unüberwindbare Schwierigkeiten» verhindert wird. Hinsichtlich der Vorsorge zu den im Dosis-massnahmenkonzept im Anhang der VEOR [17] genannten Schutzmassnahmen kann in der Schweiz und insbesondere im Kanton Bern mit dem KKM, in dessen unmittelbarer Nähe das EKKM entstehen soll, auf eine u. a. auf der Basis der NFSVO [11], der VEOR [17] und dem Notfallschutzkonzept der KomABC [83] seit langem etablierte Vorsorge zurückgegriffen werden. Hierzu zählen beispielsweise bestehende Schutzeinrichtungen, Vorkehrungen für die Warnung und Alarmierung der Behörden und der Bevölkerung sowie Vorverteilungsmassnahmen von Jod-tabletten in den bestehenden Zonen 1 und 2. Die Planung einer vorsorglichen Evakuierung wurde bis anhin in der Schweiz (im Gegensatz zu den Schutzmassnahmen Aufenthalt im Haus und Aufsuchen von Schutzräumen und Kellern) nicht vorrangig verfolgt. In dieser Hinsicht legt der Gesuchsteller dar, welche Grundsätze bei einer Planung einer vorsorglichen Evakuierung durch den zuständigen Standortkanton beachtet werden müssten. Hierbei spielt die Autobahn A1, die quer durch die Zone 1 verläuft und eine leistungsfähige Rettungs- bzw. Evakuationsachse darstellt, eine entscheidende Rolle.

Das ENSI schliesst sich der Schlussfolgerung des Gesuchstellers an, wonach aufgrund der bereits für den Standort KKM bestehenden Vorkehrungen und Einrichtungen des externen Notfallschutzes, der Verfügbarkeit möglicher Evakuationsrouten für die allfällige Umsetzung einer vorsorglichen Evakuierung sowie der Standorteigenschaften hinsichtlich Bevölkerungsverteilung und -entwicklung keine Hindernisse für die zukünftige Planung von Massnahmen zum Schutz der Bevölkerung bestehen.

6 Menschliche und organisatorische Aspekte

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des Gesuchstellers in Kapitel 5 «Personal und Organisation, Menschliche und Organisatorische Faktoren» des EKKM-Sicherheitsberichts.

6.1 Entwicklung der Organisation für den Betrieb des Kernkraftwerks

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller legt dar, wie die Organisation für den späteren Betrieb der Anlage entwickelt werden soll. Der Aufbau der Betriebsorganisation inklusive der Rekrutierung und Ausbildung des dafür notwendigen Personals erfolgt während der Bauphase. Die Betriebsorganisation soll bereits vor der Inbetriebsetzung operationell sein. Sie geht weitgehend aus der Bauorganisation (siehe Kapitel 3.1 des Gutachtens) hervor. Letztere muss jedoch um betriebsspezifische Disziplinen ergänzt werden (beispielsweise Reaktoroperateure, Instandhaltungspersonal, Personal zur Strahlenüberwachung). Die Ausbildung für das zukünftige Betriebspersonal soll während des letzten Teils der Bauphase beginnen.

Die Entwicklung der (Betriebs-) Organisation stellt einen Gegenstand des vom Gesuchsteller präsentierten Vorhabens zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren (dem so genannten HOF⁵-Vorhaben, siehe Kapitel 6.2) dar.

Der Gesuchsteller macht darüber hinaus bereits Angaben zur Organisation für die Stilllegung der Anlage. Diese soll während der Betriebsphase vorbereitet und eingerichtet werden. Die Organisationsstruktur wird grundsätzlich der Struktur der Bauorganisation entsprechen; auch hier wird dem Management der Schnittstellen grosse Bedeutung zukommen (siehe Kapitel 3.1).

Beurteilungsgrundlagen

Art. 23 KEV verlangt unter Bst. a Ziffer 4, dass der Gesuchsteller für eine Rahmenbewilligung den Sicherheitsbericht einzureichen hat, aus dem die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben hervorgehen. Diese Anforderung wurde vom ENSI dahingehend präzisiert, dass unter anderem Angaben zum Vorgehen zur Entwicklung der Organisation für den Betrieb der Anlage gemacht werden müssen (siehe auch Kapitel 3 sowie Kapitel 6.2).

Weitere Beurteilungsgrundlagen sind dem KEG (Art. 5 Abs. 1, Art. 22 Abs. 1 sowie Abs. 2 Bst. a, b und j), der KEV (Art. 7 Bst. a, Art. 30), der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK, [16]) sowie der Richtlinie G07 [92] zu entnehmen.

⁵ Human and Organizational Factors, d. h. menschliche und organisatorische Faktoren

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller skizziert ein erstes Konzept zur Entwicklung der zukünftigen Betriebsorganisation. Dabei legt er unter anderem dar, welche rechtlichen Grundlagen die Organisation erfüllen müssen. Zudem stellt er einerseits fest, dass die Betriebsorganisation grösstenteils aus der Bauorganisation hervorgehen wird, zeigt andererseits aber auch auf, dass letztere noch um betriebs-spezifische Disziplinen ergänzt werden muss. Das Bewusstsein, dass die Entwicklung der Betriebsorganisation inklusive der Ausbildung des Personals und des Aufbaus eines Qualitätsmanagementsystems für den Betrieb einen expliziten Bestandteil der Projektarbeit darstellen und rechtzeitig und auf systematische Art und Weise angegangen werden muss, wird vom Gesuchsteller zudem insofern vermittelt, als die Entwicklung der Organisation auch im Zusammenhang mit dem so genannten HOF-Vorhaben (siehe detaillierter hierzu Kapitel 6.2) thematisiert wird. Das ENSI begrüsst diese Sichtweise ausdrücklich und weist ergänzend auf die nachfolgend genannten Aspekte hin.

Auf der Stufe Rahmenbewilligungsgesuch ist eine vollständige Festlegung der zukünftigen Betriebsorganisation weder sinnvoll noch möglich, da zu diesem Zeitpunkt noch nicht feststeht, welcher konkrete KKW-Typ gebaut wird und welche Anforderungen an die Organisation daraus entstehen. Es sollen jedoch bereits gewisse technologieunabhängige Rahmenbedingungen festgehalten und allgemeine Überlegungen bezüglich der Vorgehensweise der Entwicklung der Organisation präsentiert werden. Dies hat der Gesuchsteller im Sicherheitsbericht getan. In den weiteren Projektschritten wird der Entwicklung der zukünftigen Organisation im Rahmen eines systematischen Verfahrens frühzeitig die nötige Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen. Wie oben erwähnt, weist der Gesuchsteller darauf hin, dass das HOF-Vorhaben zur Gestaltung der Organisation für den Betrieb der Anlage von Bedeutung sein wird. Das ENSI formuliert deshalb den folgenden Hinweis:

Hinweis 9:

Das ENSI verlangt von der EKKM AG, dass sie bereits im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Baubewilligungsgesuchs ein Konzept zur Entwicklung der zukünftigen Betriebsorganisation erstellt und den Stand dieser Arbeiten im Baubewilligungsgesuch darlegt. Umfassende Angaben zur Entwicklung der zukünftigen Betriebsorganisation sind im Zusammenhang mit dem Betriebsbewilligungsgesuch erforderlich.

6.2 Berücksichtigung der menschlichen Faktoren bei der Entwicklung der Anlage

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller erläutert, wie er im Rahmen eines so genannten HOF-Vorhabens beabsichtigt, die menschlichen und organisatorischen Faktoren in allen Lebensphasen der Anlage zu berücksichtigen. Die Ausführungen bzw. das präsentierte Vorhaben gründen auf der Annahme, dass das Personal einen wesentlichen Beitrag zur Sicherheit der Anlage und zur «Defence-in-Depth» leistet.

Das HOF-Vorhaben basiert auf den folgenden Grundsätzen:

- kontinuierliche, genaue und strukturierte Berücksichtigung der HOF durch den Gesuchsteller in allen Etappen der Projektierung, des Baus, des Betriebs und der Stilllegung der Anlage;

- Erfüllung der nationalen und internationalen Anforderungen auf dem HOF-Gebiet;
- multidisziplinäre Berücksichtigung der HOF von der Projektierung an;
- Berücksichtigung des HOF-Erfahrungsrückflusses;
- iterative Berücksichtigung der HOF im Verlauf des Projekts;
- Erstellung, Prüfung und Genehmigung der Entscheidungsgründe des HOF-Vorhabens entsprechend den Prozessen und Vorhaben des Qualitätsmanagementprogramms des Projekts.

Das HOF-Vorhaben bezieht sich auf alle Zustände der Anlage sowie auf alle Betriebs-, Instandhaltungs-, Versuchs- und Logistikaktivitäten, insbesondere wenn sie sicherheitsbezogen sind, sich auf die Umwelt auswirken können oder in einer für das Personal gefährlichen Umgebung stattfinden. Es geht dabei also um die Gestaltung der Arbeitsmittel (technischer Art, beispielsweise Mensch-Maschine-Schnittstellen im Kommandoraum – und organisatorischer Art, beispielsweise Betriebsvorschriften) und der Organisation (beispielsweise Festlegung von Arbeitsabläufen).

Der Gesuchsteller ist für die Festlegung und Umsetzung des HOF-Vorhabens zuständig. Ein HOF-Koordinator wird ernannt, welcher dem technischen Leiter des EKKM-Projekts zugeordnet ist. Der HOF-Koordinator sorgt für die Vernetzung der Kompetenzen aus den verschiedenen Fachbereichen, um eine multidisziplinäre Berücksichtigung der HOF von der Projektierungsphase an zu fördern.

Im Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch wird das HOF-Vorhaben für die verschiedenen Projektphasen bzw. Lebensphasen der Anlage (Projektierung, Bau, Betrieb, Stilllegung) beschrieben. Dabei wird für jede Phase beschrieben, welche Ziele verfolgt werden und welche Aktivitäten damit verbunden sind.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 23 KEV verlangt unter Bst. a Ziffer 4, dass der Gesuchsteller für eine Rahmenbewilligung den Sicherheitsbericht einzureichen hat, aus dem die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben hervorgehen. Diese Anforderung wurde vom ENSI dahingehend präzisiert, dass unter anderem Angaben zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren bei der Projektierung und Auslegung der Anlage gemacht werden müssen (siehe auch Kapitel 3 und 6.1).

Weitere Beurteilungsgrundlagen sind der KEV (Art. 7 Bst. a, Art. 10 Abs. 1 Bst. j), der Convention on Nuclear Safety (Art. 12, Art. 18 clause iii, [101]) sowie den Safety Standards der IAEA (insbesondere Safety Fundamentals SF-1, Fundamental Safety Principles Nr. 3 «Leadership and Management for Safety» § 3.14 [102] und Safety Requirements NS-R-1, § 5.50 [115]) zu entnehmen.

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller verpflichtet sich, die menschlichen und organisatorischen Faktoren in allen Lebensphasen der Anlage, von der Projektierung bis zur Stilllegung, zu berücksichtigen. Dazu präsentiert er ein so genanntes HOF-Vorhaben und beschreibt dessen Grundsätze, Gegenstands-

bereich, Etappen und Vorgehensweisen. Damit bekundet der Gesuchsteller, dass er dem Projekt für den Bau des neuen Kernkraftwerks eine sozio-technische Sichtweise zugrunde legt und sich der Wichtigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung und Gestaltung der technischen, menschlichen und organisatorischen Aspekte bewusst ist. Das HOF-Vorhaben berücksichtigt eine Reihe von vom ENSI als zentral beurteilten Grundsätzen, namentlich eine kontinuierliche, strukturierte und iterative Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren unter Berücksichtigung bestehender Betriebs- und Projekterfahrung sowie eine multidisziplinäre Projektorganisation, welche auch spezifische Fachkompetenzen im Bereich der menschlichen und organisatorischen Faktoren umfasst und die Erfahrungen und Belange der zukünftigen Benutzer der zu gestaltenden Gegenstände (beispielsweise technische und administrative Arbeitsmittel, Organisationsstrukturen usw.) berücksichtigt. Das ENSI begrüsst diese Absichtserklärung ausdrücklich und möchte eine Reihe von Punkten würdigen:

- Das beschriebene HOF-Vorhaben ist umfassend. Es bezieht sich explizit auf alle Zustände in allen Lebensphasen der Anlage und auf alle Betriebs-, Instandhaltungs-, Versuchs- und Logistikaktivitäten, welche sicherheitsbezogen sind, sich auf die Umwelt auswirken können oder in einer für das Personal gefährlichen Umgebung stattfinden. Es bezieht, neben den Aufgaben, welche vom Betriebspersonal ausgeführt werden, explizit auch die übrigen Tätigkeiten ein, namentlich jene, welche durch das Instandhaltungspersonal ausgeübt werden. Ausserdem beschränken sich die Betrachtungen nicht auf die Arbeitsmittel und -plätze im (Haupt-) Kommandoraum, sondern umfassen auch lokale Arbeitsmittel in der Anlage, Gebäude und Räumlichkeiten, Kommunikationssysteme, Arbeitsmethoden, Vorschriften etc.
- Der Gesuchsteller beabsichtigt, die Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren in die Projektorganisation zu integrieren. Ein so genannter HOF-Koordinator, welcher direkt dem technischen Leiter des EKKM-Projekts zugeordnet ist, soll das gesamte Vorhaben steuern. Damit setzt der Gesuchsteller ein klares Zeichen und schafft eine unabdingbare Voraussetzung dafür, dass den menschlichen und organisatorischen Faktoren im gesamten Projekt ein angemessener Stellenwert beigemessen wird.
- Der Gesuchsteller bekennt sich zu seiner Verantwortung für die Festlegung und Umsetzung des HOF-Vorhabens. Das ENSI bekräftigt diesen Grundsatz. Die Verantwortung für die Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren darf und kann nicht an den (bzw. die) Hersteller der Anlage delegiert werden, obschon dieser seinerseits ebenfalls mehr oder weniger umfassende Programme zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren implementiert bzw. implementieren sollte. Die Gesamtverantwortung für das projektspezifische HOF-Vorhaben obliegt jederzeit der Gesuchstellerorganisation. Dies impliziert u. a. auch, dass die Arbeiten im Zusammenhang mit der Erarbeitung bzw. weiteren Konkretisierung des HOF-Vorhabens im Anlagenausschreibungsverfahren berücksichtigt werden müssen.

Der Gesuchsteller übertrifft mit dem beschriebenen HOF-Vorhaben die vom ENSI formulierten Anforderungen an das Rahmenbewilligungsgesuch hinsichtlich des Konkretisierungs- und Detaillierungsgrads der Angaben zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren deutlich.

Für die zukünftigen Projektphasen erwartet das ENSI, dass der Gesuchsteller im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Baubewilligungsgesuchs das HOF-Vorhaben konkretisiert und ein Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren bei der Projektierung und Auslegung und beim Bau der Anlage erstellt und einreicht (Auflagenvorschlag, siehe weiter unten).

Zusammenfassende ENSI-Beurteilung der Angaben zu den menschlichen und organisatorischen Aspekten

Die Notwendigkeit einer systematischen, umfassenden und frühzeitigen Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren in ein Projekt zum Bau eines neuen Kernkraftwerks ist heute unbestritten und wird auch vom Gesuchsteller im Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch anerkannt. Aufgrund der Bedeutung dieser Aspekte formuliert das ENSI den folgenden Auflagenvorschlag:

Auflage 6:

Die EKKM AG hat für die Projektierung und Auslegung der Anlage ein Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren zu implementieren. Das ENSI überprüft das Programm und dessen Umsetzung ab Beginn der Projektierungsphase.

7 Sicherung

Mit dem Gesuch um Erteilung der Rahmenbewilligung für das EKKM wurde auch der Sicherheitsbericht [3] eingereicht.

Der Schutz von Kernanlagen und Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung muss auf einer in die Tiefe gestaffelten Abwehr beruhen, welche bauliche, technische, organisatorische, personelle und administrative Massnahmen beinhaltet (Art. 9 und Anhang 2 KEV).

Im Rahmenbewilligungsgesuch müssen diese Massnahmen in groben Zügen beschrieben werden. Eine detaillierte Beschreibung der Sicherungsmassnahmen ist erst in späteren Gesuchen (Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch) vorgesehen; diese ist dann in geeigneter Weise zu klassifizieren, wobei die Informationsschutzverordnung [84] sinngemäss angewendet werden kann.

7.1 Standorteigenschaften für die Sicherung

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller beurteilt die Standorteigenschaften in Bezug auf die Sicherung des EKKM in Kapitel 2.3.1 unter «Übersicht des Standortes». Im vorliegenden Rahmenbewilligungsgesuch wird nicht direkt auf die bestehende Kernanlage KKM eingegangen, da sich erst in späteren Gesuchen Fragen von möglichen Synergien stellen.

Der Standort zeichnet sich durch die besondere Lage in einer Talsohle am linken Aareufer aus und verfügt nur über eingeschränkte Zugänge. Es befinden sich keine industriellen Anlagen in der unmittelbaren Umgebung, deren Sabotage eine direkte Gefährdung der Sicherung des EKKM darstellen würde.

Der Gesuchsteller kommt zum Schluss, dass am Standort Niederruntigen die gesetzlichen Vorgaben zu den für eine Kernanlage erforderlichen Sicherungsmassnahmen vollumfänglich umgesetzt werden können.

Beurteilungsgrundlagen

Es existieren keine gesetzlichen Anforderungen an den Standort einer Kernanlage, die den Bereich Sicherung betreffen. Die Beurteilung des ENSI orientiert sich an den topografischen Verhältnissen und an den Erfahrungen aus dem Betrieb bestehender Kernanlagen.

Beurteilung des ENSI

Der Standort zeichnet sich durch eine Reihe natürlicher Hindernisse aus. Dazu gehören die Aare mit ihrem oberhalb und unterhalb des geplanten EKKM um je mindestens 90 Grad gekrümmten Verlauf und die verdeckte Lage in einer Talsohle mit steil abfallenden Flanken am linken Aareufer. Aufgrund des Abstands zu industriellen Anlagen (siehe Sicherheitsbericht Kapitel 3.2) ergeben

sich für die Sicherung keine direkten Gefahren. Aus Sicht des ENSI ist der Standort für das EKKM grundsätzlich sicherungstechnisch geeignet. Die Aussagen zur externen Überflutung in Kapitel 4.2.4 des vorliegenden Gutachtens decken auch die Zerstörung von Staumauern ab. Die in Kapitel 3.4.3.3 des Sicherheitsberichts erwähnte Terrasse, deren Geländehöhe im Rahmen der Anlagekonzeption festgelegt wird mit dem Ziel, die Anlage vor bedeutsamen Flutereignissen zu schützen, ist eine geeignete Vorkehrung, um auch die Sicherungseinrichtungen zu schützen.

Die Exposition des Standorts im Hinblick auf einen gezielten Flugzeugabsturz (d.h. Terrorismus) ist nach Auffassung des ENSI nicht zu bewerten, da die Neuanlage gegen ein derartiges Ereignis entsprechend den Anforderungen der Verordnung V01 [15] einen genügenden Schutz aufweisen wird.

Aus Sicht des ENSI ist der Standort für das EKKM grundsätzlich sicherungstechnisch geeignet.

7.2 Gefährdungsannahmen

Angaben des Gesuchstellers

Der Gesuchsteller verweist unter Punkt 3.2 «Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien» auf die gleichnamige Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 (SR 732.112.1, [14]). Diese orientiert sich an der weltweiten Situation von Terrorismus und gewalttätigem Extremismus, an der spezifischen Bedrohungssituation in der Schweiz sowie am Gefährdungspotenzial der zu schützenden Objekte. Sie berücksichtigt den Stand der Angriffstechnik sowie das mögliche Täterverhalten.

In der Verordnung [14] sind die einzelnen Schutzziele wie folgt festgelegt:

- a. Schutz der Kernanlagen vor unbefugter Einwirkung;
- b. Schutz der Kernmaterialien vor Entwendung und unbefugter Einwirkung;
- c. Schutz von Mensch und Umwelt vor radiologischer Schädigung, verursacht durch unbefugte Einwirkung.

Anhand dieser Schutzziele und der Gefährdungsannahmen gemäss Verordnung [14] sollen nach den Angaben der EKKM AG die konkreten Sicherungsmassnahmen abgeleitet werden.

Beurteilungsgrundlagen

Zur Beurteilung der Angaben des Gesuchstellers zu den Gefährdungsannahmen hat das ENSI die folgenden Beurteilungsgrundlagen herangezogen:

- Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien [14].
- Änderung des Übereinkommens über den physischen Schutz von Kernmaterial [86] (Art. 2A Abs. 3, BBl 2008 1237). Der dort aufgeführte Grundsatz G: «Bedrohung» führt aus: «Der physische Schutz in einem Staat soll auf der Grundlage der gegenwärtigen Bedrohungsbeurteilung des Staates durchgeführt werden.»

Die massgebende Gefährdung oder Bedrohung (engl. Design Basis Threat, DBT) wird von der Aufsichtsbehörde definiert und dient als Grundlage und Masstab für die Sicherung von Kernanlagen und Kernmaterialien. Die Einzelheiten der massgebenden Bedrohung mit konkreten Angaben zu Täterschaft und Angriffsmitteln werden in einer klassifizierten Richtlinie definiert. Der Schutz dieser Informationen richtet sich nach der Informationsschutzverordnung (ISchV, [84]).

Beurteilung des ENSI

Der Gesuchsteller verweist auf die UVEK-Verordnung [14] betreffend Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen und legt seine Absicht dar, die Anforderungen, welche sich aus den Gefährdungsannahmen ergeben, sicherungsmässig umzusetzen.

Die Sicherung von Kernanlagen und Kernmaterialien muss die Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit durch unbefugte Einwirkungen, die gezielte Freisetzung von gefährlichen Mengen radioaktiver Stoffe in die Umwelt und den Diebstahl von Kernmaterialien mit geeigneten Massnahmen verhindern. Zu diesem Zweck hat der Gesuchsteller die Grundlagen dargelegt, die als Basis für die zu ergreifenden Sicherungsmassnahmen dienen.

Umfang und Detaillierungsgrad der Angaben des Gesuchstellers zu den Gefährdungsannahmen entsprechen den zum Zeitpunkt des Rahmenbewilligungsgesuchs massgeblichen Vorgaben des ENSI. Für das ENSI ergeben sich keine Einwände gegen die Gefährdungsannahmen, welche die EKKM AG bei der Erarbeitung der Sicherungsmassnahmen zu berücksichtigen gedenkt.

7.3 Bauliche, technische, organisatorische und administrative Massnahmen

Angaben des Gesuchstellers

Durch gezielte Sicherungsmassnahmen will der Gesuchsteller verhindern, dass die nukleare Sicherheit von Kernanlagen oder Kernmaterialien durch unbefugte Einwirkung beeinträchtigt oder Kernmaterialien entwendet werden können.

Der Schutz von Kernanlagen und Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung beruht auf einer in die Tiefe gestaffelten Abwehr, welche bauliche, technische, personelle und administrative Massnahmen beinhaltet.

Einer Täterschaft müssen mehrere Sicherungsschranken mit von aussen nach innen zunehmendem Widerstand entgegengesetzt werden.

Für die **baulichen Sicherungsmassnahmen** werden die vitalen Anlageteile den Sicherungszonen D, C und B zugeteilt, wobei die Benennungen den definierten und klassifizierten Widerstandswerten entsprechen. Der Widerstandswert einer Sicherungsschranke bleibt grundsätzlich aufrechterhalten. Durchgänge werden daher als Schleusen ausgestaltet.

Die **technischen Sicherungsmassnahmen** umfassen die Detektions-, Einbruchmelde-, CCTV1-, Kommunikations- und Zutrittskontrollsysteme. Zukünftige Zutritts- und Überwachungs-

systeme werden mit fortschrittlichen Technologien ausgerüstet, z.B. mit einer biometrischen Kontrolle beim Zutritt resp. Übertritt in eine Sicherungszone.

Die **personellen und organisatorischen** Sicherungsmassnahmen basieren vor allem auf der Betriebswache und dem Sicherungsbeauftragten der Kernanlage. Eine Kernanlage wird durch die Betriebswache rund um die Uhr be- und überwacht. Die Betriebswache ist Bestandteil der Betriebsorganisation. Die Aufgaben und Befugnisse richten sich nach der Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK, [85]). Organisatorische und administrative Massnahmen beinhalten Regelungen zur Kontrolle des Personen-, Fahrzeug- und Materialverkehrs in die und aus der Anlage. Sie werden durch Vereinbarungen und Übungen mit Behörden, Polizei und Armee ergänzt.

Beurteilungsgrundlagen

In Art. 9 und Anhang 2 KEV sind die allgemeinen Anforderungen an die Sicherung festgelegt. Die detaillierten Anforderungen sind in klassifizierten Richtlinien der Aufsichtsbehörde beschrieben.

In der Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK, [85]) sind Anforderungen an Aufgaben und Befugnisse, Ausrüstung, Bewaffnung und Organisation sowie Anforderungen an die Qualifikation und Eignung der Betriebswachen enthalten.

Beurteilung des ENSI

Die Sicherung des EKKM soll auf der Abwehr in der Tiefe beruhen, d.h. auf einer räumlichen Staffelung der baulichen und technischen Massnahmen. Einer Täterschaft werden mehrere Sicherungsschranken mit von aussen nach innen zunehmendem Widerstand entgegengesetzt. Die im Rahmenbewilligungsgesuch beschriebene Auslegung entspricht erprobten Grundsätzen. Die Abwehr in die Tiefe basiert auf den Empfehlungen der IAEA und wird weltweit mehrheitlich so angewendet.

Die Sicherungsmassnahmen müssen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik anlagespezifisch und in Abstimmung mit den Sicherheitsmassnahmen festgelegt und gegebenenfalls angepasst werden. Der Gesuchsteller weist auf diese Absicht hin.

Die Anforderungen an die einzelnen Sicherungsschranken sind in klassifizierten Richtlinien der Aufsichtsbehörde festgehalten. Der Gesuchsteller wird der Aufsichtsbehörde die Qualität der Sicherungsmassnahme in den späteren Bewilligungsphasen nachweisen.

Der gesamte Sicherheitsbericht ist in den späteren Gesuchen zu klassifizieren.

Zusammenfassende ENSI-Beurteilung des Sicherheitsberichts EKKM

Das ENSI beurteilt die Angaben des Gesuchstellers zur Sicherung des EKKM als für das Rahmenbewilligungsgesuch ausreichend. Die von der EKKM AG geplanten Massnahmen entsprechen dem Konzept der Sicherung gemäss Art. 9 und Anhang 2 KEV.

Weitergehende Angaben zu konkreten Massnahmen baulicher, technischer, organisatorischer und administrativer Natur sind im Rahmenbewilligungsverfahren nicht möglich und daher in den Gesuchsunterlagen für die nachfolgenden Bewilligungsschritte aufzuführen.

Die Angaben des Gesuchstellers entsprechen hinsichtlich Umfang und Detaillierungsgrad dem Stand, wie er für ein Rahmenbewilligungsgesuch gefordert wird.

Im Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Klassifizierung von Dokumenten im Bereich der nuklearen Sicherheit und der Sicherung, wie dies in Art. 5 Abs. 3 KEG gefordert wird, formuliert das ENSI den folgenden Auflagenvorschlag:

Auflage 7:

Die EKKM AG hat Informationen, deren Kenntnisaufnahme durch Unberechtigte die Wirksamkeit der Sicherungsmassnahmen gefährden kann, zu klassifizieren und zu schützen. Das ENSI überprüft den Informationsschutz ab Beginn der Projektierungsphase.

8 Stilllegungskonzept

Angaben des Gesuchstellers

Im Zusammenhang mit dem Gesuch um Erteilung der Rahmenbewilligung für das EKKM hat der Gesuchsteller den Bericht «Konzept für die Stilllegung Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg» [6] eingereicht.

Nach ausführlicher Zitierung der diesbezüglichen gesetzlichen Grundlagen in Kapitel 2 erfolgt im 3. Kapitel eine Abgrenzung zum Stilllegungsplan und zum Stilllegungsprojekt sowie in Kapitel 4 eine Abgrenzung des Stilllegungskonzepts zum Entsorgungsnachweis für die anfallenden radioaktiven Abfälle. Anfallende Volumina, Konditionierung, Zwischenlagerung der Stilllegungsabfälle sowie Verbringung in das geologische Tiefenlager sind dort beschrieben.

In Kapitel 5 beschreibt der Gesuchsteller die grundsätzlich möglichen Varianten der Stilllegung, nämlich:

- den sofortigen Rückbau, bestehend aus einer Nachbetriebsphase und der eigentlichen Stilllegung. In der Nachbetriebsphase werden die Brennelemente entsorgt, die noch vorhandenen Betriebsabfälle konditioniert und ebenfalls entsorgt sowie die Systeme entleert und getrocknet. Das Stilllegungsprojekt wird erarbeitet und zur Erlangung der Stilllegungsverfügung den zuständigen Behörden eingereicht. Mit der Stilllegungsverfügung endet die Nachbetriebsphase, und es schliesst sich – im Falle des sofortigen Rückbaus – unmittelbar die Entfernung des gesamten radioaktiven Materials vom Standort an. Es wird nach der Konditionierung entweder unmittelbar der geologischen Tiefenlagerung zugeführt oder vorgängig zwischengelagert. Verbleibende inaktive Gebäudestrukturen werden in Abhängigkeit von den Massgaben der Stilllegungsverfügung entweder vollständig abgerissen oder einer anderweitigen Nutzung zugeführt;
- den gesicherten Einschluss mit verzögertem Rückbau, bei dem zunächst die Nachbetriebsphase analog der oben beschriebenen Verfahrensweise des direkten Rückbaus stattfindet. Das Stilllegungsprojekt und die entsprechende Stilllegungsverfügung sehen beim verzögerten Rückbau allerdings zunächst eine mehrere Jahrzehnte umfassende Phase des sicheren Einschlusses vor. Während dieser Zeit verbleibt die Anlage in einem gesicherten und überwachten Zustand. Zur Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit wird ein Wartungs- und Überwachungsprogramm durchgeführt. Der sich an diese Phase anschliessende Rückbau läuft dann wieder analog der Darstellung bei der Variante des sofortigen Rückbaus ab;
- die Möglichkeit allfälliger Mischvarianten der oben genannten Konzepte.

Kapitel 6 des Konzepts für die Stilllegung beinhaltet nach einer Beschreibung der Nachbetriebsphase insbesondere die vorgesehene Gliederung der eigentlichen Stilllegungsarbeiten. Hier nennt der Gesuchsteller die folgenden Phasen/Teilprojekte:

- Demontage und Ausbau der Einrichtungen
- Dekontamination und Freigabe der Gebäude

- Abbruch der Gebäude bzw. deren allfällige Umnutzung gemäss Stilllegungsverfügung
- Wiederverwendung verwertbarer Reststoffe
- Entsorgung der anfallenden Abfälle
- Freimessung des Standorts
- Feststellung des Abschlusses der Stilllegung durch das Departement

Für die Dauer des sofortigen Rückbaus rechnet der Gesuchsteller mit maximal 17 Jahren, bestehend aus 5 Jahren für die Nachbetriebsphase und 10–12 Jahren für die anschliessende Stilllegungsphase. Bei der Nachbetriebsphase wird allerdings ausdrücklich auf mögliche Optimierungen des Ablaufs hingewiesen. Zu diesem Zeitbedarf wird sich im Falle des verzögerten Rückbaus noch die in der Stilllegungsverfügung spezifizizierte Dauer des sicheren Einschlusses hinzu addieren.

In Kapitel 6.3 wird auf die Möglichkeiten eingegangen, durch eine Etappierung den Stilllegungsverlauf an die nationale Entsorgungssituation anzupassen, z.B. hinsichtlich der Verfügbarkeit geologischer Tiefenlager. Durch die Möglichkeit eines Weiterbetriebs der Entsorgungsanlagen am Standort ergibt sich eine entsprechende Flexibilität.

Kapitel 7 beschreibt den Inhalt der technischen, organisatorischen und kommerziellen Festlegungen und Nachweise, deren Erstellung im Zusammenhang mit dem Stilllegungsprojekt vorgesehen ist, ohne dass dabei konkret Bezug auf das EKKM genommen wird. Schliesslich werden in Kapitel 8 die Kriterien genannt, nach denen die Auswahl der Stilllegungsvariante im Stilllegungsplan erfolgen soll. Als übergeordnetes Ziel ist hier genannt, dass die Anlage nach ordnungsgemäsem Abschluss der Stilllegung nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht. Ausserdem wird festgestellt, dass gemäss international üblichen Standards die bevorzugte Stilllegungsvariante im sofortigen Rückbau besteht. In Kapitel 9 kommt der Gesuchsteller zum Schluss, dass mit den Darlegungen aus den vorangegangenen Kapiteln alle gesetzlichen Anforderungen an ein Stilllegungskonzept für ein Rahmenbewilligungsverfahren nach KEG erfüllt sind.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 13 KEG und Art. 23 KEV regeln die für ein Rahmenbewilligungsgesuch erforderlichen Unterlagen. Dort ist unter Bst. c (KEG) respektive d (KEV) ein Konzept für die Stilllegung gefordert. Im Gegensatz zum Stilllegungsprojekt, für das die Projektunterlagen in Art. 45 KEV ausführlich beschrieben sind, sind Inhalt und Umfang des Stilllegungskonzepts weder in der KEV noch im KEG definiert. Gleiches gilt auch für den Stilllegungsplan, der erstmalig in den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch gefordert ist und der dann während der Bau- und Betriebsphase der Kernanlage fortzuführen ist. Aus Sicht des ENSI ergibt sich eine logische Abgrenzung indirekt wie folgt:

Wesentlicher Gegenstand des Rahmenbewilligungsgesuchs ist es, die Auswirkungen einer Kernanlage auf die Umgebung des Standorts darzulegen. Bezogen auf die Stilllegung ergeben sich daraus zwei zentrale Fragen:

1. Wie ist der Endzustand nach erfolgtem Rückbau?
2. Wie ist der zeitliche Ablauf, d.h. wann wird dieser Endzustand erreicht sein?

Von einem Stilllegungskonzept ist also mindestens zu erwarten, dass diese beiden Fragen beantwortet werden und dass allenfalls Kriterien aufgezeigt werden, nach denen diese Variantenauswahl erfolgte und welche für die weitere Konkretisierung des Stilllegungskonzepts hin zum Stilllegungsplan massgeblich sind.

Der mit den Baugesuchsunterlagen vorzulegende Stilllegungsplan muss mindestens bereits so detailliert sein, dass er eine Bewertung der vorgesehenen Rückstellungsbildung für den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds zulässt. Er muss also alle wesentlichen Kostenfaktoren konkret berücksichtigen und den zeitlichen Mittelbedarf abschätzen. Die sich daraus ergebende technische und organisatorische Planung hat sich im Rahmen der konzeptionellen Festlegungen aus der Rahmenbewilligung zu bewegen.

Die hier beschriebene Abgrenzung wurde letztlich indirekt aus dem Kernenergierecht abgeleitet. Sie erscheint grundsätzlich als zwingend, da nur so die direkten Anforderungen aus KEG, KEV und SEFV [87] erfüllt werden können.

Beurteilung des ENSI

Die Erwägungen des Gesuchstellers zum Stilllegungskonzept für das EKKM sind anhand der eingereichten Gesuchsunterlagen nachvollziehbar. Sowohl die Darstellung der technischen und zeitlichen Varianten als auch die Darlegung der Entscheidungskriterien sind vom Umfang und Inhalt her angemessen und entsprechen dem international üblichen Stand der Technik. Die als Bewertungsgrundlage abgeleiteten zentralen Fragen an jedes Stilllegungsprojekt werden für das EKKM wie folgt beantwortet:

1. Als übergeordnetes Ziel ist als Endzustand die Entlassung der Anlage aus dem Kernenergiegesetz genannt.
2. Als international anerkannt bevorzugte Stilllegungsvariante ist der sofortige Rückbau eindeutig identifiziert.

Allerdings wird hinsichtlich der Variantenauswahl zu Frage 2 ein Vorbehalt angebracht, indem auf zusätzlich zu berücksichtigende Parameter verwiesen wird, die eine Anpassung der Stilllegungsvariante bis zum Stilllegungsplan und bis zum eigentlichen Stilllegungsprojekt hin erfordern könnten.

Im Stilllegungskonzept ist der Hinweis enthalten, dass im nachgeführten Stilllegungsplan auch auf im Betrieb vorzunehmende Verbesserungen eingegangen wird, welche die zukünftige Stilllegung erleichtern. Darlegungen, ob und wie Kriterien einer möglichst einfachen Durchführung der Rückbauarbeiten bereits bei der Auslegung und beim Bau Berücksichtigung finden, sind allerdings nicht enthalten. Eine entsprechende allgemeine Absichtserklärung des Gesuchstellers, die im Sicherheitsbericht EKKM enthalten ist (Kapitel 5.3), wird bei der Erstellung der Baugesuchsunterlagen zu konkretisieren sein. Derartige Anforderungen sind Gegenstand internationaler Regelwerke bzw. Publikationen und damit als Stand der Technik anzusehen. Das ENSI erwartet entsprechende Ausführungen daher bereits in den Gesuchsunterlagen zur Baubewilligung und formuliert den folgenden Hinweis:

Hinweis 10:

In den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch hat die EKKM AG aufzuzeigen, welche Massnahmen bei der Auslegung und beim Bau des EKKM ergriffen werden, um die spätere Durchführung der Rückbauarbeiten zu erleichtern.

Das ENSI beurteilt die Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung als sinnvollen und angemessenen Endzustand aller Stilllegungsaktivitäten. Ebenso ist die Feststellung, dass der direkte Rückbau unter den momentanen Randbedingungen auch in der Schweiz eine sinnvolle und gesetzeskonforme Stilllegungsvariante darstellt, aus Sicht des ENSI korrekt. Es ist zu begrüssen, dass sich die EKKM AG vorbehält, die Variantenauswahl anzupassen. Eine solche allfällige Anpassung kann z.B. aus der periodischen Aktualisierung des erstmals mit dem Baugesuch vorzulegenden Stilllegungsplanes resultieren, der anschliessend zur periodischen Neufestsetzung der Beiträge für die Entsorgungs- und Stilllegungsfonds ebenfalls regelmässig aktualisiert werden muss. Eine derartige Anpassungsmöglichkeit bewertet das ENSI ausdrücklich als positiv, zumal in den kommenden Jahren durch die Aktivitäten im Ausland mit einer erheblichen Zunahme an Erfahrungen auf dem Gebiet der Stilllegung von Kernanlagen zu rechnen ist.

Aus Sicht des ENSI sind die Anforderungen an die Angaben in einem Stilllegungskonzept auf Stufe Rahmenbewilligungsgesuch mit den durch den Gesuchsteller vorgelegten Unterlagen vollständig erfüllt.

9 Entsorgung

Angaben des Gesuchstellers

Als Teil der Unterlagen zum Gesuch um Erteilung der Rahmenbewilligung für das EKKM hat der Gesuchsteller den Bericht «Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg» [7] eingereicht. Weitere Angaben, insbesondere zu den geplanten Einrichtungen zur Zwischenlagerung und den antizipierten Abfallmengen, finden sich in den Kapiteln 2.2.2 und 2.3.3.3 des Sicherheitsberichts.

Abfälle

Der Gesuchsteller hält im Nachweis für die Entsorgung [7] fest, dass sich die vom EKKM erzeugten Rohabfälle hinsichtlich ihrer entsorgungsrelevanten Eigenschaften nicht grundsätzlich von den Abfällen unterscheiden, die in den bestehenden Kernkraftwerken in der Schweiz anfallen. Folgende Abfallkategorien werden betrachtet:

- feste radioaktive Abfälle
- flüssige radioaktive Abfälle
- Grosskomponenten
- Wiederaufarbeitungsabfälle
- abgebrannte Brennelemente

Weitergehende spezifische Angaben zur Zusammensetzung und zu anderen Eigenschaften dieser Abfälle sind in den Unterlagen nicht enthalten. Hierfür wird auf die im Zusammenhang mit dem Baubewilligungsgesuch einzureichenden Unterlagen sowie auf das Gebot zur Minimierung von Abfällen nach Art. 30 KEG verwiesen. Allerdings wird in Kapitel 2.2.2.2 des Sicherheitsberichts eine Richtgrösse für das Lagervolumen der Betriebsabfälle aus der gesamten Laufzeit und für die Stilllegungsabfälle von ca. 20 000 m³ angegeben. Der Stilllegungsanteil davon wird mit ca. 70 % beziffert. Die Abschätzungen für abgebrannte Brennelemente belaufen sich auf 180 Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) bzw. ein Volumen von ca. 1 500 m³ an zu lagernden Brennelementen. Darin inbegriffen sind die Brennelemente aus den letzten Betriebsjahren des zu ersetzenden KKM. Alle Volumenangaben zu Abfallgebinden sind als archimedische Abfallvolumina (ohne Verpackung/Container) gekennzeichnet. Der Gesuchsteller hält fest, dass die oben stehenden Mengenangaben als Richtgrössen zu betrachten sind, da genaue Leistung und Auslegung des Kernkraftwerks im Rahmenbewilligungsverfahren noch nicht festgelegt sind.

Konditionierung und Verpackung

Anlagen zur Konditionierung sind grundsätzlich am Standort vorgesehen. In besonderen Fällen ist aber auch die Benutzung von Anlagen in anderen Kernanlagen vorgesehen. Für Brennelemente werden sowohl die direkte Tiefenlagerung als auch die Wiederaufarbeitung als mögliche Strategien genannt. Daher sind bei den Mengenangaben zur Entsorgung der Brennelemente auch 600 m³ an konditionierten Spaltproduktlösungen sowie 1 000 m³ an alphatoxischen Abfällen berücksichtigt.

Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung aller konditionierten Abfälle und der abgebrannten Brennelemente respektive der bei deren allfälliger Wiederaufarbeitung entstehenden Abfälle soll grundsätzlich am Standort des EKKM erfolgen. Die entsprechenden Bauten sollen etappiert errichtet werden, in Abhängigkeit vom Realisierungszeitpunkt der entsprechenden geologischen Tiefenlager. Die Lagerkapazitäten sollen die letzten Jahre des Betriebs des KKM sowie nötigenfalls die gesamte Betriebsdauer des EKKM abdecken und ebenfalls die Stilllegungsabfälle einschliessen. Alternativ wird auch die Möglichkeit angesprochen, für die Zwischenlagerung von Abfällen des EKKM auch Lagereinrichtungen an anderen Standorten zu nutzen.

In Kapitel 2.1 des Sicherheitsberichts, in welchem der Zweck der Anlage beschrieben ist, wird auch die Konditionierung und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus anderen schweizerischen Kernanlagen genannt.

Tiefenlagerung

Bezüglich der abschliessenden Tiefenlagerung aller Abfälle aus dem EKKM einschliesslich der abgebrannten Brennelemente bezieht sich die EKKM AG auf die beiden Bundesratsbeschlüsse zum Entsorgungsnachweis SMA [88] und zum Entsorgungsnachweis HAA [89]. Aufgrund dieser beiden Beschlüsse beurteilt der Gesuchsteller den Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit der geologischen Tiefenlagerung auch für die Abfälle des EKKM als erbracht, da dort die Nachweise bezüglich

- Machbarkeit der Konditionierung betrieblicher Abfälle einschliesslich deren Verpackung gemäss den Anforderungen an eine geologische Tiefenlagerung,
- Langzeitsicherheit der geologischen Tiefenlagerung unter Einhaltung der behördlichen Vorgaben,
- Realisierbarkeit von Bau und Betrieb der geologischen Tiefenlager sowie
- Existenz geeigneter und ausreichend ausgedehnter Gesteinskörper in der Schweiz zur Aufnahme eines geologischen Tiefenlagers

erbracht worden sind. Die konkrete Standortsuche für geologische Tiefenlager wird zurzeit über den Sachplan geologische Tiefenlager abgewickelt. Die Lagerkapazitäten umfassen dabei alle im Entsorgungsprogramm [126] berücksichtigten Abfallmengen und damit auch die zukünftig vom EKKM verursachten Abfallvolumina.

Sonstige Angaben

Im Bericht zum Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle des EKKM führt der Gesuchsteller weiter aus, dass

- durch die periodische Aktualisierung des schweizerischen Entsorgungsprogramms die konkret erwarteten Abfallvolumina in die Planungsarbeiten für die Tiefenlagerprojekte einfließen und
- die Beiträge und Ansprüche des EKKM an den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds in der entsprechenden Verordnung (SEFV, [87]) geregelt seien.

Zusammenfassend kommt der Gesuchsteller zum Schluss, dass die beim Betrieb und bei der Stilllegung des EKKM anfallenden radioaktiven Abfälle die Grundlagen der bestehenden Entscheide zum Entsorgungsnachweis nicht in Frage stellen und dass insbesondere auch keine neuartigen Abfälle entstehen, die durch den Entsorgungsnachweis nicht abgedeckt sind.

Beurteilungsgrundlagen

Der Begriff «Entsorgung» ist definiert als «Konditionierung, Zwischenlagerung und Lagerung der radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager» (Art 3. Bst. b KEG). Die Konditionierung ist definiert als «Gesamtheit der Operationen, mit welchen radioaktive Abfälle für die Zwischenlagerung oder für die Lagerung in einem geologischen Tiefenlager vorbereitet werden; ...» (Art. 3 Bst. g KEG).

Entsorgung schliesst somit ein:

- I. die Sammlung, Charakterisierung und Aufbewahrung von Rohabfällen;
- II. die Gesamtheit aller Verarbeitungs- und Verpackungsschritte (Konditionierung);
- III. die allfällige Zwischenlagerung der behandelten Abfälle;
- IV. die Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager;
sowie indirekt
- V. die zwischen diesen einzelnen Schritten erforderlichen Transporte;
- VI. die Bildung finanzieller Rückstellungen zur Erfüllung aller genannten Arbeiten.

Art. 13 Abs. 1 Bst. d KEG nennt als Voraussetzung für die Erteilung einer Rahmenbewilligung, dass «der Nachweis für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle erbracht ist.»

Weder KEG noch KEV spezifizieren Art und Umfang der Nachweisführung näher. Allerdings geben die Anforderungen an die Gesuchsunterlagen für das spätere Gesuch zur Erteilung der Baubewilligung Hinweise für eine Abgrenzung: Einzelne, detaillierte und quantitative Nachweise sind gemäss Art. 24 Abs. 2 Bst. a KEV in Verbindung mit den Unterlagen U1 aus Anhang 4 KEV für die Betriebsabfälle sowie in Art. 24 Abs. 2 Bst. f KEV in Form des Stilllegungsplans für die Stilllegungsabfälle gefordert. Während des späteren Betriebs werden diese Angaben im Entsorgungsprogramm nach Art. 32 KEG für die Betriebsabfälle alle fünf Jahre sowie für die Stilllegungsabfälle beim Nachführen des Stilllegungsplans alle zehn Jahre gemäss Art. 42 KEV aktualisiert.

In den Unterlagen für das Rahmenbewilligungsgesuch ist somit zu den genannten Themen I. bis V. die grundsätzliche Realisierbarkeit im Rahmen des bestehenden nationalen Entsorgungskonzepts der Schweiz nachzuweisen. Im zukünftigen Gesuch um Erteilung der Baubewilligung hat die EKKM AG dann diese im Rahmenbewilligungsgesuch qualitativ festgeschriebenen Grundlagen der Entsorgung einschliesslich der eventuellen Auflagen in quantitativer Form gemäss den Anforderungen von Art. 24 KEV zu konkretisieren.

Beurteilung des ENSI

Die Angaben des Gesuchstellers zur Entsorgung der im EKKM anfallenden radioaktiven Abfälle entsprechen hinsichtlich Umfang und Detaillierungsgrad dem Stand, wie er in der Phase Rahmen-

bewilligungsverfahren gefordert und möglich ist. Die angegebenen Richtwerte betreffen die abgeschätzten Volumina und die benötigten Stellplätze für T/L-Behälter, soweit eine quantitative Angabe zum gegenwärtigen Zeitpunkt sinnvoll ist. Für eine weitere Detaillierung wird vom Gesuchsteller auf die Gesuchsunterlagen zum Baubewilligungsgesuch verwiesen. Dies gilt für alle Arten von Abfällen. Wesentliche Aussage ist, dass auf Basis dieser Abschätzungen eigenständige Zwischenlagereinrichtungen am Standort des EKKM vorgesehen sind, die nötigenfalls bis zu einer ausreichenden Kapazität für die gesamte Betriebszeit einschliesslich der Stilllegungsphase ausgebaut werden sollen. Ebenso ist die Konditionierung der Abfälle grundsätzlich am Standort vorgesehen. Nur für diejenigen Konditionierungsverfahren, in denen zentrale Anlagen zur Verfügung stehen, soll der unkonditionierte Abfall zu diesen Anlagen abtransportiert werden.

Das ENSI beurteilt die Angaben des Gesuchstellers zu den Abfällen als schlüssig und für die Beurteilung im Rahmenbewilligungsverfahren als ausreichend. Bei der Bewertung der bereits gemachten Volumen- und Zahlenangaben ist zu berücksichtigen, dass diese laut Angabe des Gesuchstellers Richtwerte darstellen. Die genannten Volumina für Betriebs- und Stilllegungsabfälle liegen in der Bandbreite der aktuellen Erfahrungen aus laufenden Anlagen. Die Anzahl der benötigten Stellplätze in einem T/L-Behälterlager erscheint tendenziell hoch, ist aber mit den angenommenen konservativen, relativ niedrigen Zielabbränden kompatibel.

Das ENSI bewertet positiv, dass bereits in diesem frühen Stadium alle Eventualitäten bei der Auslegung der Zwischenlager berücksichtigt werden und dass Konditionierung und Zwischenlagerung vorzugsweise am Standort des EKKM erfolgen sollen. So können einerseits die Transporte radioaktiver Abfälle minimiert und andererseits Synergien mit der stillzulegenden Anlage KKM genutzt werden. Wie entsprechende Erfahrungen aus dem Ausland belegen, wird sich dies insbesondere auf die Abwicklung der Rückbauarbeiten des KKM positiv auswirken.

Der Sachplan geologische Tiefenlager [121] schliesst die beim Betrieb und der Stilllegung von neuen Kernkraftwerken anfallenden Volumina an Abfällen ein. Die aktuellen Vorschläge der Nagra für Standortgebiete berücksichtigen die dazu notwendigen Platzreserven im geologischen Untergrund (Nagra NTB 08-05, S. A1-28, [123]). Die durch das EKKM entstehenden Abfälle würden rund ein Drittel davon beanspruchen.

Aus Sicht des ENSI sind die zum Zeitpunkt eines Rahmenbewilligungsgesuchs zu stellenden Anforderungen an den Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle des EKKM hinsichtlich Umfang und Detaillierungsgrad mit den eingereichten Unterlagen erfüllt.

10 Gesamtbewertung

Mit dem Gesuch um Erteilung der Rahmenbewilligung für den Bau eines Kernkraftwerks am Standort Mühleberg hat der Gesuchsteller, die Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG), dem Bundesamt für Energie BFE die folgenden Berichte eingereicht:

- Sicherheitsbericht [2]
- Sicherungsbericht [3]
- Umweltverträglichkeitsbericht [4]
- Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung [5]
- Konzept für die Stilllegung [6]
- Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle [7]

Von diesen Berichten hat die zuständige nukleare Aufsichtsbehörde, das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, den Sicherheitsbericht, den Sicherungsbericht, das Konzept für die Stilllegung und den Nachweis für die Entsorgung im Auftrag des BFE überprüft.

Im Sicherheitsbericht hat der Gesuchsteller den Zweck und die Grundzüge des Projekts EKKM dargelegt, die spezifischen Standorteigenschaften des EKKM mit dem damit verbundenen Gefährdungspotenzial detailliert untersucht und bewertet und die maximal zulässige Strahlendosis für Personen in der Umgebung des EKKM vorgeschlagen. Zudem hat er sich zu personellen und organisatorischen Aspekten im Hinblick auf den Bau und den Betrieb des EKKM geäußert.

Im Sicherungsbericht hat die EKKM AG aufgezeigt, dass der Schutz des EKKM inklusive Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung durch Massnahmen der Sicherung prinzipiell gewährleistet werden kann.

Im Konzept für die Stilllegung hat der Gesuchsteller die grundsätzlich möglichen Varianten der Stilllegung wie sofortiger Rückbau oder gesicherter Einschluss mit verzögertem Rückbau beschrieben und eine Abgrenzung des Stilllegungskonzepts zu dem später erforderlichen Stilllegungsplan und dem Stilllegungsprojekt vorgenommen.

Im Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle hat die EKKM AG Richtwerte für die Volumina der zu entsorgenden radioaktiven Abfälle unter Berücksichtigung der Stilllegungsabfälle des EKKM ermittelt und aufgezeigt, dass diese Volumina die Grundlagen der bestehenden Bundesratsbeschlüsse zum Entsorgungsnachweis nicht in Frage stellen und dass der Entsorgungsnachweis auch unter Berücksichtigung der radioaktiven Abfälle des EKKM Gültigkeit hat.

Das ENSI hat die oben erwähnten Berichte unter Einbezug externer Experten eingehend geprüft und die Ergebnisse der Überprüfung im vorliegenden Gutachten dargelegt. Das ENSI hat sich dabei vergewissert, dass alle für das Rahmenbewilligungsverfahren relevanten Bestim-

mungen des Kernenergiegesetzes, des Strahlenschutzgesetzes, der Kernenergieverordnung sowie anderer Verordnungen berücksichtigt wurden, dass die zutreffenden Richtlinien der nuklearen Aufsichtsbehörde beachtet wurden und dass die Vorgehensweise des Gesuchstellers bei der Standortbeurteilung den internationalen Anforderungen der IAEA unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik entspricht.

Schwerpunkt der Überprüfung bildete die Beurteilung der Standorteigenschaften und des damit verbundenen standortspezifischen Gefährdungspotenzials. Zu diesem Zweck wurde der Standort hinsichtlich Geografie und Bevölkerungsverteilung, Verkehrswege und Industrie, Logistik und Baustelleneinrichtung, Meteorologie, Hydrologie, Hydrogeologie, Geologie, Seismik, Baugrund, Netzanbindung und Brandschutzinfrastruktur untersucht. Die in Kapitel 4.1 und zusammenfassend in Kapitel 4.3 des vorliegenden Gutachtens dargelegten Ergebnisse der Überprüfung zeigen, dass keine Standorteigenschaften vorliegen, die den Bau eines Kernkraftwerks grundsätzlich in Frage stellen würden.

Das mit dem Standort verbundene Gefährdungspotenzial für die Anlage EKKM wurde durch den Gesuchsteller umfassend betrachtet. In diesem Zusammenhang wurde die potenzielle Gefährdung des EKKM durch Erdbeben, externe Überflutung, Flugzeugabsturz, extreme Winde und Tornados, Explosionen, Brand, Blitzschlag sowie Vereisung und Verstopfung von Flusswasserfassungen untersucht. Der Umfang der dabei betrachteten Gefährdungen entspricht den Vorgaben der IAEA [107]. Die Ergebnisse der Analysen und deren Beurteilung durch das ENSI sind in Kapitel 4.2 und zusammenfassend in Kapitel 4.3 aufgeführt. Die Überprüfung und Bewertung der diesbezüglichen Angaben der EKKM AG hat ergeben, dass die zum Zeitpunkt eines Rahmenbewilligungsgesuchs erforderlichen Angaben weitgehend vollständig, in angemessenem Detaillierungsgrad und sachlich korrekt vorhanden sind. Summarisch ist festzuhalten, dass das Gefährdungspotenzial am Standort des EKKM den Neubau eines entsprechend ausgelegten Kernkraftwerks nicht in Frage stellt.

Das ENSI hat bei der Überprüfung der Gesuchsunterlagen wenige Sachverhalte festgestellt, die einer weiteren Klärung bedürfen; dazu wurden vom ENSI Hinweise oder Vorschläge für Auflagen abgeleitet:

Die Überprüfung der Angaben der EKKM AG zum Baugrund zeigte nach der Beurteilung des ENSI die Notwendigkeit weiterer Abklärungen durch den Gesuchsteller zur Gefährdung des Standorts durch Rutschungen, Steinschlag und Felssturz. Das ENSI hat dazu einen entsprechenden Aufslagenvorschlag formuliert (siehe Auflage 2 in Kapitel 11).

Aus der Überprüfung der Analysen der EKKM AG zur Gefährdung des Standorts durch Erdbeben hat sich aus Sicht des ENSI ergeben, dass der Gesuchsteller noch weitergehende Untersuchungen durchzuführen hat. Das ENSI hat deshalb entsprechende Aufslagenvorschläge formuliert (siehe Auflagen 3 und 4 in Kapitel 11).

Im Hinblick auf die gemäss Art. 14 Abs. 1 Bst. e KEG in der Rahmenbewilligung festzulegende maximal zulässige Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage beantragt das ENSI die Auf-

lage 5, die die Festlegung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts für den Standort Mühleberg betrifft.

Im Zusammenhang mit der Überprüfung des Sicherheitsberichts für das EKKM beantragt das ENSI die Auflage 7. Mit dieser Auflage will das ENSI sicherstellen, dass den Aspekten des Informationsschutzes im Bereich der nuklearen Sicherheit und der Sicherung frühzeitig die erforderliche Bedeutung zugemessen wird.

Aus der Beurteilung der Angaben der EKKM AG zum Projektmanagement und zu den menschlichen und organisatorischen Aspekten beim Bau eines Kernkraftwerks leitet das ENSI die Anträge zur Berücksichtigung der Auflagen 1 und 6 ab. Aus Sicht des ENSI kommt einem angemessenen Managementsystem und einem effektiven Projektmanagement in einem Projekt des Umfangs und der Komplexität, wie es der Bau eines Kernkraftwerks darstellt, eine zentrale Bedeutung zu. Dies gilt auch im Hinblick auf die Berücksichtigung einer systematischen, umfassenden und frühzeitigen Integration der menschlichen und organisatorischen Faktoren.

Aus der Überprüfung des Konzepts für die Stilllegung und des Nachweises für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle ergeben sich aus Sicht des ENSI keine Vorschläge für Auflagen. Die diesbezüglichen konzeptuellen Darlegungen der EKKM AG sind auf Stufe Rahmenbewilligungsverfahren ausreichend.

Das ENSI hat bei der Überprüfung der Gesuchsunterlagen der EKKM AG festgestellt, dass zum Teil noch weitergehende Abklärungen durch den Gesuchsteller vorzunehmen sind. Das ENSI hat diese erforderlichen Abklärungen im Gutachten als «Hinweise» bezeichnet. Dabei handelt es sich um weitergehende Untersuchungen des Gesuchstellers, die nicht den Stellenwert von Auflagen aufweisen. Die Hinweise betreffen somit keine Sachverhalte, die für das Rahmenbewilligungsverfahren relevant oder deren Erfüllung von Bedeutung für die Erteilung einer Rahmenbewilligung sind. Es handelt sich vielmehr um Hinweise, die vom Gesuchsteller im Laufe der nachfolgenden Bewilligungsverfahren beachtet werden müssen und deren Erfüllung durch das ENSI überprüft wird. Die Hinweise des ENSI sind in Kapitel 12 des vorliegenden Gutachtens zusammengestellt.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass die EKKM AG in den Gesuchsunterlagen zur Rahmenbewilligung für das EKKM nachvollziehbar dargelegt hat, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiver Strahlung während der Betriebs- und Nachbetriebsphase des EKKM sichergestellt werden kann, dass ein machbares Konzept für die Stilllegung des EKKM vorliegt und dass der Nachweis für die Entsorgung der im EKKM anfallenden radioaktiven Abfälle erbracht ist. Aus Sicht des ENSI sind damit die gemäss den Bestimmungen von Art. 13 KEG erforderlichen Voraussetzungen für die Erteilung der Rahmenbewilligung, soweit sie vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI zu beurteilen waren, unter Berücksichtigung der Auflagen-vorschläge erfüllt.

11 Anträge für Auflagen

Im vorliegenden Kapitel werden die Anträge des ENSI für Auflagen zuhanden der Bewilligungsbehörde aufgelistet. Die Begründungen für die einzelnen Auflagenvorschläge sind in den zutreffenden Kapiteln des vorliegenden Gutachtens enthalten. Der Hinweis auf das jeweils zutreffende Kapitel befindet sich in der Klammer nach der Auflagennummer.

Auflage 1 (3.1/3.2):

Die EKKM AG hat für die Projektierungs- und Auslegungsphase sowie für die Bauphase ein Managementsystem gemäss den Vorgaben von Art. 25 KEV sowie IAEA GS-R-3 zu implementieren. Insbesondere hat sie darzulegen, dass ihre Organisation den Anforderungen des Projekts in der Projektierungs- und in der Bauphase gerecht wird. Das ENSI überprüft das Managementsystem und dessen Umsetzung ab Beginn der Projektierungsphase.

Auflage 2 (4.1.6.2):

Die direkte Gefährdung des Standorts durch Rutschungen, Steinschlag und Felssturz ist von der EKKM AG genauer abzuklären. Zonen, die von den Rutschgebieten «Runtigerain» und dem vorgelagerten Hangfuss betroffen sein können, sind zu identifizieren und in Beziehung zu setzen mit dem geplanten Standort für die sicherheitsrelevanten Anlageteile. In der entsprechenden Analyse ist die überarbeitete Gefahrenkarte des Kantons Bern [56] zu berücksichtigen. Als Ursache für Hanginstabilitäten sind nicht nur schwere Erdbeben, sondern sämtliche potenziell relevanten Einwirkungen zu berücksichtigen, insbesondere starke Niederschläge. Die Ergebnisse der Überprüfung sind dem ENSI spätestens bis zum Baubewilligungsgesuch nachzureichen.

Auflage 3 (4.1.6.3):

Die von der EKKM AG vorgeschlagene Verdichtung des Mikrobennetzes des SED ist unverzüglich zu implementieren, damit für die folgenden Bewilligungsschritte Messreihen über eine längere Zeitperiode zur Verfügung stehen.

Auflage 4 (4.2.2):

Als Grundlage für die Auslegung der Gebäude und Anlageteile im Bauprojekt hat die EKKM AG Erdbebengefährdungsergebnisse zu verwenden, die standortspezifisch für EKKM mit einem Verfahren bestimmt werden, welches konform mit der SSHAC-Level-4-Methode ist und von Beginn an die Überprüfung durch das ENSI mit einbezieht.

Auflage 5 (5.2):

Für die am Standort Mühleberg betriebenen Kernanlagen wird ein gemeinsamer quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr zum Schutz von Einzelpersonen aus der Bevölkerung festgelegt. Befinden sich mehrere Kernanlagen am Standort, sind die Limiten für die Abgaben der einzelnen Anlagen so festzulegen, dass die gesamthaft resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung weniger als 0,3 mSv/Jahr beträgt. Der Beitrag der Direktstrahlung des Standorts

zum quellenbezogenen Dosisrichtwert für Einzelpersonen der Bevölkerung ist auf 0,1 mSv/Jahr zu beschränken.

Auflage 6 (6.2):

Die EKKM AG hat für die Projektierung und Auslegung der Anlage ein Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren zu implementieren. Das ENSI überprüft das Programm und dessen Umsetzung ab Beginn der Projektierungsphase.

Auflage 7 (7.3):

Die EKKM AG hat Informationen, deren Kenntnisnahme durch Unberechtigte die Wirksamkeit der Sicherungsmassnahmen gefährden kann, zu klassifizieren und zu schützen. Das ENSI überprüft den Informationsschutz ab Beginn der Projektierungsphase.

12 Hinweise des ENSI

Aus der Begutachtung der Angaben der EKKM AG im Sicherheitsbericht [2], im Sicherungsbericht [3], im Konzept für die Stilllegung [6] und im Nachweis für die Entsorgung [7] leitet die nukleare Aufsichtsbehörde ENSI die nachfolgend aufgelisteten Hinweise ab. Die Hinweise enthalten Merkpunkte zu verschiedenen Fragen oder offenen Punkten, deren Beantwortung im Rahmenbewilligungsverfahren noch nicht erforderlich ist, deren Beantwortung das ENSI vom Gesuchsteller jedoch im Bau- oder ggf. im Betriebsbewilligungsverfahren erwartet. Die Begründungen für die einzelnen Hinweise sind in den zutreffenden Kapiteln des vorliegenden Gutachtens enthalten. Der Hinweis auf das jeweils zutreffende Kapitel befindet sich in der Klammer nach der Hinweisnummer.

Hinweis 1 (4.1.2):

Die schriftliche Bestätigung des Kantonalen Laboratoriums Bern, dass im kantonalen Chemierisikokataster ausser dem KKM und dem Wasserkraftwerk Mühleberg keine industriellen Gefahrenpotenziale mit möglicher Auswirkung auf den Standort EKKM verzeichnet sind, ist dem ENSI im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens nachzureichen.

Hinweis 2 (4.1.4):

Im Rahmen der Überarbeitung und Ergänzung des Sicherheitsberichts für das Baubewilligungsgesuch und bei der Festlegung der massgebenden Auslegungsparameter des EKKM hat die EKKM AG folgende Punkte zu berücksichtigen:

- a) *Die monatlich höchsten 1-Stunden-Niederschläge aus der Tabelle 3.3-22 des Sicherheitsberichts und die berechnete Extremwertverteilung für den 1-Stunden-Niederschlag für die Messstation Mühleberg sind zu überprüfen. Gegebenenfalls sind die Parameter der GEV-Verteilung (Tabelle 3.3-27) sowie die Erwartungswerte und die Werte des Konfidenzintervalls für die verschiedenen Wiederkehrperioden (Tabelle 3.3-28) neu zu ermitteln.*
- b) *Die berechnete Extremwertverteilung für den 1-Tages-Niederschlag der Messstation Wynau BE ist zu überprüfen. Gegebenenfalls sind die Parameter der GEV-Verteilung (Tabelle 3.3-29) sowie die Erwartungswerte und die Werte des Konfidenzintervalls für die verschiedenen Wiederkehrperioden (Tabelle 3.3-30) neu zu ermitteln.*

Hinweis 3 (4.1.5.2):

Falls die EKKM AG die Option einer alternativen längerfristigen Notkühlung mittels Grundwasser weiter verfolgt, sind bereits im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens detaillierte Erkundungen und Nachweise zum Grundwasser vorzulegen. Dazu zählen beispielsweise längere und gestufte Pumpversuche (bisher nur maximal 30 min) und hydrogeologische Modellierungen, um Randeffekte und variierende Mächtigkeiten berücksichtigen zu können. Da die Grundwasserneubildung über Hangzuflüsse und Meteorwasser erfolgt, ist insbesondere auch der Einfluss längerer Trockenperioden auf die Ergiebigkeit des Brunnens abzuklären.

Hinweis 4 (4.1.6.1):

Das ENSI erwartet, dass ihm seitens der EKKM AG die Ergebnisse zu den Untersuchungen mit LIDAR zugänglich gemacht werden.

Hinweis 5 (4.1.6.3):

Mit Einreichen des Gesuchs zur Baubewilligung ist von der EKKM AG das Vorgehen zu erläutern, wie die Baugrube bezüglich Hinweise auf neotektonische Bewegungen untersucht werden wird.

Hinweis 6 (4.2.4):

Die Bestimmung der Häufigkeiten von unfallbedingten Flugzeugabstürzen ist im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs gemäss Richtlinie ENSI-A05 von der EKKM AG zu überarbeiten.

Hinweis 7 (4.2.5):

Im Rahmen des Baubewilligungsgesuchs sind von der EKKM AG

- a) die Studie zu extremen Winden und Tornados unter Berücksichtigung der Richtlinie ENSI-A05 zu verbessern und
- b) die Unsicherheiten bei der Bestimmung der maximalen Windböengeschwindigkeiten von extremen Winden und Tornados mit einer robusten Auslegung zu berücksichtigen.

Hinweis 8 (4.2.6.3):

Das Vorgehen bei einem Waldbrand, der sowohl die Zufahrt von Buttenried als auch diejenige über das Stauwehr Mühleberg beeinträchtigt, ist von der EKKM AG im Brandschutzkonzept zu behandeln.

Hinweis 9 (6.1):

Das ENSI verlangt von der EKKM AG, dass sie bereits im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Baubewilligungsgesuchs ein Konzept zur Entwicklung der zukünftigen Betriebsorganisation erstellt und den Stand dieser Arbeiten im Baubewilligungsgesuch darlegt. Umfassende Angaben zur Entwicklung der zukünftigen Betriebsorganisation sind im Zusammenhang mit dem Betriebsbewilligungsgesuch erforderlich.

Hinweis 10 (8):

In den Unterlagen zum Baubewilligungsgesuch hat die EKKM AG aufzuzeigen, welche Massnahmen bei der Auslegung und beim Bau des EKKM ergriffen werden, um die spätere Durchführung der Rückbauarbeiten zu erleichtern.

Brugg, 30. September 2010

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Der Direktor



Dr. Hans Wanner

13 Referenzen

- [1] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Gesuch um Erteilung der Rahmenbewilligung für den Bau und Betrieb des Ersatz Kernkraftwerkes Mühleberg», EKKM-Brief vom 4. Dezember 2008
- [2] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Sicherheitsbericht Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080011 – v02.00 – Oktober 2009
- [3] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Sicherungsbericht Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080012 – v02.00 – Oktober 2009
- [4] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Umweltverträglichkeitsbericht Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080013 – v02.00, Dezember 2008
- [5] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080014 – v02.00, Dezember 2008
- [6] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Konzept für die Stilllegung Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080015 – v02.00, Oktober 2009
- [7] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg», TB-042-RS080016 - v02.00, Oktober 2009
- [8] KEG 2003, Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG), Gesetz, vom 21. März 2003 (Stand am 1. Januar 2009).
- [9] Botschaft des Bundesrates vom 28. Februar 2001 zum Kernenergiegesetz, BBl 2001 III 2665 ff.
- [10] KEV 2004, Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV), Verordnung, vom 10. Dezember 2004 (Stand am 1. Januar 2009)
- [11] NFSVO 1983, Verordnung vom 28. November 1983 über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (Notfallschutzverordnung), Verordnung, vom 28. November 1983 (Stand am 1. Januar 2009)
- [12] StSG 1991, Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG), Gesetz, vom 22. März 1991 (Stand am 1. Januar 2007)
- [13] StSV 1994, Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (StSV), Verordnung, vom 22. Juni 1994 (Stand am 1. Januar 2009)
- [14] UVEK V00 2008, Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien, Verordnung, vom 16. April 2008 (Stand am 1. Mai 2008)
- [15] UVEK V01 2009, Verordnung des UVEK vom 17. Juni 2009 über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen, Verordnung, vom 17. Juni 2009 (Stand am 1. August 2009)
- [16] VAPK 2006, Verordnung vom 9. Juni 2006 über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK), Verordnung, vom 9. Juni 2006 (Stand am 1. Januar 2009)
- [17] VEOR 2007, Verordnung vom 17. Oktober 2007 über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR), Verordnung, vom 17. Oktober 2007 (Stand am 1. Januar 2009)

- [18] Verordnung über den Schutz vor Störfällen (StFV), SR 814.012, 1991
- [19] BAFU, Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV), Liste mit Stoffen und Zubereitungen, 2006
- [20] Schweizerische Erdgaswirtschaft, Rahmenbericht Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen, erstellt durch SKS Ingenieure AG, revidierte Ausgabe 1997
- [21] Bundesamt für Raumentwicklung (ARE); Planungshilfe Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge entlang von risikorelevanten Bahnanlagen, 2008
- [22] CARBURA, BUWAL, Rahmenbericht über die Sicherheit von Stahltankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe, erstellt durch SKS Ingenieure AG, 2005
- [23] BUWAL/ASTRA, Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Autobahn, erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, August 1999
- [24] BUWAL, Arbeitsgruppe Flüssiggas-Tankanlagen, Rahmenbericht Flüssiggas-Tankanlagen zum Kurzbericht und zur Risikoermittlung im Hinblick auf die Störfallvorsorge, erstellt durch Basler & Hofmann AG, 1992
- [25] BUWAL/SBB, Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Bahn, erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, Mai 1998
- [26] BAV, Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn. Methodik und Bewertung in der Schweiz, erstellt durch Ernst Basler + Partner AG, 2004
- [27] Dotzek, N.: An updated estimate of tornado occurrence in Europe, 2003
- [28] Kerntechnischer Ausschuss KTA: Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 1508
- [29] Begert, M., Schlegel, T., Kirchhofer, W.: Homogeneous Temperature and Precipitation Series of Switzerland from 1864 to 2000», International Journal of Climatology 2005, V.25, S. 65-8
- [30] OcCC/ProClim: Klimaänderung und die Schweiz 2050, Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Bern, 2007
- [31] MeteoSchweiz, 2009, Analysen der sicherheitsrelevanten klimatologischen Parameter am Standort KKW-Mühleberg, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 226
- [32] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Synthesis Report, 2007, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- [33] Kastrup, U., Deichmann, N., Fröhlich, A. und Giardini, D. (2007): Evidence for an active fault below the northwestern Alpine foreland of Switzerland. Geophysical Journal International, v. 169, p. 1273–1288
- [34] Meier, B. (2009): 2D Seismik Interpretation im Gebiet Fribourg und Berner Seeland. Bericht Interoil E & P Switzerland AG
- [35] Schmid, S. M. und Slejko, D. (2009): Seismic source characterization of the Alpine foreland in the context of a probabilistic seismic hazard analysis by PEGASOS Expert Group 1 (EG1a). Swiss Journal of Geosciences 102, 121–148
- [36] Burkhard, M. und Grünthal, G. (2009): Seismic source characterization of the Alpine foreland in the context of a probabilistic seismic hazard analysis by PEGASOS Expert Group 2 (EG1b). Swiss Journal of Geo-sciences 102, 121–148
- [37] Mosar, J. (1999): Present-day and future tectonic underplating in the western Swiss Alps: reconciliation of basement=wrench-faulting and décollement folding of the Jura and Molasse basin in the Alpine foreland, Earth and Planetary Science Letters. 173, 143–145

- [38] Sommaruga, A. (1997): Geology of the Central Jura and the Molasse basin: new insight into an evaporite-based foreland fold and thrust belt. *Mémoire de la société neuchâteloise des sciences naturelles* 12, 176 S
- [39] Sommaruga, A. (1999): Décollement tectonics in the Jura foreland fold-and-thrust belt, *Marine and Petroleum Geology* 16, 111 – 134
- [40] Mosar, J. (2006): Aléa sismique dans le Canton de Fribourg; étude réalisée sur mandat de l'État de Fribourg. Unveröffentlichte Studie zuhanden des Kantons Fribourg, 2006
- [41] Gorin, G. E., Morend, D. und Pugin, A. (2003): Bedrock, Quaternary sediments and recent fault activity in central lake Neuchatel, as derived from high-resolution reflection seismic. *Eclogae geologicae Helvetiae* 96 (Supplement 1), 3–10
- [42] Rotstein, Y., Schaming, M. und Rouse, S. (2005a): Tertiary tectonics of the Dannemarie Basin, Upper Rhine Graben, and regional implications: *International Journal of Earth Sciences* 94, 669-679
- [43] Rotstein, Y., Schaming, M. und Rouse, S. (2005b): Structure and Tertiary tectonic history of the Mulhouse High, Upper Rhine Graben: block faulting modified by changes in the Alpine stress regime: *Tectonics* 24, doi: 10.1029/2004TC001654
- [44] Ford, M., Le Carlier de Veslud, C. und Bourgeois, O. (2007): Kinematic and geometric analysis of fault-related folds in a rift setting: The Dannemarie Basin, Upper Rhine Graben, France: *Journal of Structural Geology* 29, 1811–1830
- [45] Laubscher, H. P., 1963, Erläuterungen zum geologischen Atlasblatt 1085 St. Ursanne, 26 S
- [46] Gisler, M., Fäh, D. und Giardini, D. (2008): Nachbeben: Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz: Haupt Verlag, Bern, 187 S
- [47] Yeats, R. S., Sieh, K., Allen, C. R., 1997, The geology of earthquakes: Oxford University Press, 568 S
- [48] Zhang, P., Mao, F. und Slemmons, D. B., 1999, Rupture terminations and size of segment boundaries from historical earthquake ruptures in the Basin and Range Province: *Tectonophysics* 308, 37–52
- [49] Wesnousky, S. G., 2008, Displacement and geometrical characteristics of earthquake surface ruptures: issues and implications for seismic-hazard analysis and the process of earthquake rupture: *Bulletin of the Seismological Society of America* 98, 1609–1632
- [50] Kase, Y., 2010, Slip-length scaling law for strike-slip multiple segment earthquakes based on dynamic rupture simulations: *Bulletin of the Seismological Society of America* 100, 473–481
- [51] Turcotte, D. L. (1997): *Fractals and chaos in geology and geophysics*, 2. Ausgabe. Cambridge University Press, 398 S.
- [52] Scholz, C. H. (2002): *The mechanics of earthquakes and faulting*, 2. Ausgabe. Cambridge University Press, 471 S.
- [53] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA); Norm SIA 267, «Geotechnik», 2003
- [54] Schweizer Norm SN 670 010b, Bodenkennziffern, VSS 1999
- [55] Gewässerschutzkarte des Kantons Bern im Internet vom 23. Februar 2010
- [56] Gefahrenkarte des Kantons Bern im Internet vom 23. Februar 2010
- [57] Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) (2004): Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGASOS Project). Final Report, Volume 1–6, prepared for the Unterausschuss Kernenergie (UAK) der Überlandwerke (UeW), Wettingen, 2004

- [58] Meier, B. (2009): 2D Seismik Interpretation im Gebiet Fribourg und Berner Seeland», Bericht für die Resun AG, Oktober 2009
- [59] NUREG/CR-2300, «PRA Procedures Guide», 1983
- [60] NUREG-1407, «Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities», 1991
- [61] ANSI/ANS-58.21-2007, American National Standard «External-Events PRA Methodology», 2007
- [62] SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee); «Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts,» U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-6372, April 1997
- [63] Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen; «HSK-RT Final Report: Review Approach and Comment on «Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGASOS Project) – Final Report», HSK-AN-5364, December 3, 2004
- [64] Grebner, D., Roesch, T.: «Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen von Starkniederschlägen und mögliche Niederschlagsgrenzwerte in der Schweiz», Zürich 1998
- [65] Kerntechnischer Ausschuss KTA: «Schutz von Kernkraftwerken vor Hochwasser», Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 2207, Fassung 11/04, BAnz. Nr. 35a
- [66] Richtlinien des BWG: «Sicherheit der Stauanlagen», Version 1.1, November 2002
- [67] Bundesamt für Statistik BFS, «Bewegungen im Linien- und Charterverkehr seit 1950; Neuchâtel», 2009
- [68] Intraplan Consult GmbH, «Im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt, Entwicklung des Flugverkehrs in der Schweiz bis 2030, Nachfrageprognose», Intraplan Consult GmbH, München, August 2005
- [69] Skyguide, «Fact and Figures 2003», Geneva, August 2003
- [70] Skyguide, «Annual Report 2003», Geneva, February 2004
- [71] Skyguide, «Flugsicherung», Skyguide 4-2002
- [72] Boeing, «Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations 1959–2003», Aviation Safety, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, Washington, 2004
- [73] DOE Standard, «Accident Crash into Analysis Hazardous Facilities», DOE-STD-3014-96, U.S. Department of Energy, Washington, DC, October 1996
- [74] Bienz, A.F., «Analysis of the Risks due to Airplane Crashes Around Zürich Airport», Proceedings of PSAM7 & ESREL'04, Springer Verlag, (London), Berlin, July 2004; Vol. 1, 227–235
- [75] Federal Office of Civil Aviation FOCA, «Swiss Civil Aviation 2007», Neuchâtel, 2008
- [76] Brotschi, P., «Gebrochene Flügel, Alle Flugunfälle der Schweizer Luftwaffe», Orell Füssli Verlag AG, 2007
- [77] HSK, «Risikobetrachtungen zum «gekröpften Nordanflug» und Herleitung einer Empfehlung zur Überflugregelung im Bereich von Kernanlagen», HSK-AN-5645, Würenlingen, März 2005
- [78] Pickard, Lowe and Garrick, Inc., «Seabrook Station Probabilistic Safety Assessment. Prepared for Public Service Company of New Hampshire and Yankee Atomic Electric Company», PLG-0300, December 1983, Section 9.3
- [79] TorDACH Webseite, <http://www.tordach.org>
- [80] Sturmarchiv Webseite, <http://www.sturmarchiv.ch>
- [81] OcCC, Extremereignisse und Klimaänderung, Bern, 2003

- [82] MeteoSchweiz, 2008, Extreme Value Analysis of Wind Speed Observations over Switzerland, 219
- [83] KomABC, «Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen», Januar 2006
- [84] Verordnung vom 4. Juli 2007 über den Schutz von Informationen des Bundes (Informationsschutzverordnung, ISchV) (SR 510.411)
- [85] Verordnung vom 9. Juni 2006 über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK) (SR732.143.2)
- [86] Revidiertes Übereinkommen über den physischen Schutz von Kernmaterial, BBI 2008 1237 ff.
- [87] Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV) (SR732.17)
- [88] Schweizerischer Bundesrat, Beschluss: Nukleare Entsorgung: Projekt Gewähr, Materielle Beurteilung, 3.6.1988
- [89] Schweizerischer Bundesrat, Verfügung zum Gesuch der Nagra vom 19.12.2002 betreffend Entsorgungsnachweis abgebrannter Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle sowie langlebige mittelaktive Abfälle, 28.6.2006
- [90] ENSI-A05/d 2009, Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen, Januar 2009
- [91] ENSI-A05/d 2009, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang», Erläuterungsbericht zur Richtlinie, Januar 2009
- [92] HSK-G07/d 2008, Organisation von Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen, April 2008
- [93] HSK-G14/d 2008, Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen, Februar 2008
- [94] HSK-R-06/d 1985, Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, Mai 1985, Neudruck: Januar 1993.
- [95] HSK-R-11/d 2003, Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, Mai 2003
- [96] HSK-R-30/d 1992, Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen
- [97] HSK-R-50/d 2003, Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen
- [98] HSK-R-101/d 1987, Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, Mai 1987, Neudruck: Januar 1993
- [99] HSK-R-102/d 1996, Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen
- [100] HSK-R-103/d 1989, Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, November 1989, Neudruck: Januar 1993
- [101] International Atomic Energy Agency (IAEA), Convention on Nuclear Safety, July 1994

- [102] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Fundamental Safety Principles», IAEA Safety Standards Series, Safety Fundamentals No. SF-1, 2006
- [103] International Atomic Energy Agency (IAEA); «The Management System for Facilities and Activities», Safety Requirements GS-R-3, July 2006
- [104] International Atomic Energy Agency (IAEA); «Application of the Management System for Facilities and Activities», Safety Guide GS-G-3.1, 2006
- [105] International Atomic Energy Agency (IAEA); «The Management System for Nuclear Installations», Safety Guide GS-G-3.5, 2009
- [106] Health and Safety Executive (HSE), Licensee use of contractors and intelligent customer capability, T/AST/049, Issue 3/2009
- [107] International Atomic Energy Agency (IAEA), «IAEA Safety Standards Series, Site Evaluation for Nuclear Installations», Safety Requirements No. NS-R-3, 2003
- [108] International Atomic Energy Agency (IAEA), «External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plant Design», Safety Guide NS-G-3.1, May 2002
- [109] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants», Safety Guide NS-G-3.2, April 2002
- [110] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants», IAEA Safety Standards Series, Safety Guide No. NS-G-3.3, 2002
- [111] International Atomic Energy Agency (IAEA); «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations», IAEA Safety Standards Series, Draft Safety Guide DS422, 15 October 2009 (wird voraussichtlich im Jahr 2010 als NS-G-3.7 in Kraft gesetzt)
- [112] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants», Safety Guide NS-G-3.4, July 2003
- [113] International Atomic Energy Agency (IAEA); «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites», Safety Guide NS-G-3.5, March 2004
- [114] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants», Safety Guide NS-G-3.6, April 2005
- [115] International Atomic Energy Agency (IAEA), «IAEA Safety Standards Series, Safety of Nuclear Power Plants: Design», Safety Requirements No. NS-R-1, 2000
- [116] US Nuclear Regulatory Commission, «Regulatory Guide 4.7 – General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations», Revision 2, April 1998
- [117] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, SR 814.201
- [118] Verordnung des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK über die Genehmigung internationaler Beschlüsse und Empfehlungen vom 10. Januar 2000, SR 814.201.81
- [119] Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks vom 22. September 1992, SR 814.201.81
- [120] PARCOM-Empfehlung 91/4 über radioaktive Ableitungen, Bezugsquelle: BUWAL, 3003 Bern
- [121] Bundesamt für Energie BFE, «Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil» vom 2. April 2008
- [122] ASK, Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen; «Blitzschutz aus der Sicht der nuklearen Sicherheit», ASK-Brief VA/bl vom 23. März 1979

- [123] Nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle; «Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager», Technischer Bericht 08-05 (Oktober 2008)
- [124] Geotechnisches Institut AG: «EKKM Mühleberg, Baugrunduntersuchung», Bericht Gt-Nr. 31.3714.030, Bern 2009
- [125] Geotechnisches Institut AG: «EKKM Mühleberg, Grundwasserstände im Lockergestein, Porenwasserdrücke im Fels», Bericht Gt-Nr. 31.3714.050, Bern 2009
- [126] Nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle; «Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen», Technischer Bericht 08-01 (Oktober 2008)
- [127] Affolter, T. und Gratier, J.-P., 2004, Map view retrodeformation of an arcuate fold-and-thrust belt: The Jura case: *Journal of Geophysical Research*, v. 109, B03404, doi:10.1029/2002JB002270

Anhang: Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTRA	Bundesamt für Strassen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BBI	Bundesblatt
BFE	Bundesamt für Energie
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
BKW	BKW FMB Energie AG
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie

CCTV	Closed Circuit Television
CKW	Centralschweizerische Kraftwerke AG
CNS	Convention on Nuclear Safety

DMK	Dosismassnahmenkonzept
-----	------------------------

EKKM	Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg
EKKM AG	Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG, Gesuchsteller
EN	Europäische Norm
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EPR	European Pressurized Water Reactor

GEV	Generalized Extreme Value Distribution
-----	--

HAA	Hochaktive Abfälle
HOF	Human and Organizational Factors
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen

IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISchV	Informationsschutzverordnung

KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg

KKW	Kernkraftwerk
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
<hr/>	
MW	Megawatt
<hr/>	
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NFSVO	Notfallschutzverordnung
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NTB	Nagra Technischer Bericht
<hr/>	
OcCC	Organe consultatif sur les changements climatiques
<hr/>	
PGA	Peak Ground Acceleration
PMF	Probable Maximum Flood
PMP	Probable Maximum Precipitation
PRP	PEGASOS Refinement Project
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
<hr/>	
QBDR	Quellenbezogener Dosisrichtwert
<hr/>	
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
<hr/>	
SED	Schweizerischer Erdbebendienst
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SIB	Sicherheitsbericht
SMA	Schwach und mittelaktive Abfälle
SSHAC	Senior Seismic Hazard Analysis Committee
StFV	Störfallverordnung
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen
<hr/>	
USDOE	United States Department of Energy
U.S. NRC	United States Nuclear Regulatory Commission
UST	Unterstation
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
<hr/>	
VAPK	Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen
VEOR	Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
<hr/>	
WKW	Wasserkraftwerk

ENSI 13/10

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, Fax +41 (0)56 460 84 99, www.ensi.ch