

Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt

Sicherheitsbericht

KKN AG Bericht: Ber-08-002

Dokumenttitel: Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt Sicherheitsbericht	Dokument-Nr. Ber-08-002 Versions-Nr. V002 Versionsdatum 01.10.2009
Kurztitel: Sicherheitsbericht für das KKN	Anzahl Seiten 347 Anzahl Beilagen -

ersetzt Dok.-Nr.: V001 vom 09.06.2008

KKN_Sicherheitsbericht_Ber_08_002_V002_20091001

	Datum	Name	Visum
erstellt	01.10.2009	A. Scheidegger	
geprüft	01.10.2009	P. Hirt	
freigegeben	01.10.2009	H. Niklaus	

Qualitätsgesichert nach KKN Reg-002 V002

Versionsverzeichnis

Nr.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Kommentare
001	09.06.08	A. Scheidegger	P. Hirt	H. Niklaus	Erstausgabe
002	01.10.09	A. Scheidegger	P. Hirt	H. Niklaus	Anpassung an Planungsstand und Überarbeitung aufgrund der behördlichen Grobprüfung

Inhalt

	Inhalt.....	3
	Präambel	6
1	Einleitung.....	7
2	Zweck und Grundzüge des Projektes.....	8
2.1	Zweck des Projektes	8
2.2	Grundzüge des Projektes.....	9
2.2.1	Standort und Umgebung	9
2.2.2	Anlage	12
2.2.3	Hauptkühlwassersystem	17
2.2.4	Nebenkühlwassersystem	18
2.2.5	Netzanbindung	19
2.3	Auslegungsgrundlagen.....	20
2.3.1	Rahmenbedingungen der Auslegung.....	20
2.3.2	Sicherheitstechnische Grundsätze für die Auslegung, den Bau und den Betrieb des KKN	21
3	Standorteigenschaften und externe Ereignisse.....	25
3.1	Berücksichtigte externe Ereignisse und Ereigniskombinationen	25
3.1.1	Einzelne externe Ereignisse.....	26
3.1.2	Ereigniskombinationen	27
3.2	Geographie und Bevölkerungsverteilung	32
3.2.1	Beschreibung des Standortes und seiner Umgebung.....	32
3.2.2	Topographie	33
3.2.3	Besiedlung.....	35
3.2.4	Landnutzung.....	46
3.2.5	Bewertung der Angaben.....	54
3.2.6	Ausblick	55
3.2.7	Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung von KKN	57
3.3	Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder.....	62
3.3.1	Beschreibung der Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen und Wälder.....	62
3.3.2	Einwirkungen auf KKN bei Störfällen in der Nachbarschaft	71
3.3.3	Zusammenfassende Bewertung.....	92
3.4	Meteorologie.....	95
3.4.1	Meteorologische Messungen	95
3.4.2	Stationsbeschreibungen	96
3.4.3	Datenbasis	96
3.4.4	Wind	98
3.4.5	Diffusionskategorien.....	104
3.4.6	Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik.....	110
3.4.7	Niederschlag	113
3.4.8	Lufttemperatur	118
3.4.9	Aussergewöhnliche und extreme meteorologische Einwirkungen	119
3.4.10	Ausblick über die zukünftig zu erwartenden Änderungen von meteorologischen Daten.....	129
3.5	Hydrologie	135

3.5.1	Überblick und Grundlage der Gefährdungsannahmen.....	135
3.5.2	Oberflächengewässer	135
3.5.3	Grundwasser	179
3.5.4	Löschwasserversorgung	200
3.5.5	Bewertung der hydrologischen Verhältnisse am Standort KKN	201
3.6	Geologie, Seismik und Baugrund.....	202
3.6.1	Zusammenfassende Charakterisierung des Standortgebietes.....	202
3.6.2	Regionale geologische Betrachtungen und seismotektonisches Modell.....	205
3.6.3	Bisherige seismische Gefährdungsanalysen.....	225
3.6.4	Einschätzung der Erdbebengefährdung am Standort KKN	236
3.6.5	Lokale geologische Betrachtungen und Wertung.....	240
3.6.6	Baugrundverhältnisse am Standort	246
3.6.7	Bewertung des Projektareales KKN	261
3.6.8	Seismische Bemessung	264
3.6.9	Externe Ereignisse geologischer und seismischer Ursache.....	270
3.6.10	Ausblick	272
3.7	Netzanbindung von KKN	273
3.7.1	Leistungsabfuhr am Standort ins bestehende Netz	273
3.7.2	Sicherstellen der Eigenbedarfsversorgung von KKN durch externe Netze	275
3.7.3	Sicherstellen der Eigenbedarfsversorgung von KKN bei totalem Ausfall der externen Netze	279
3.7.4	Notstrombetrieb / längerfristiger Betrieb von KKN.....	280
3.7.5	Übersicht möglicher Rückfallszenarien	281
3.8	Zusammenfassende Bewertung der Standorteigenschaften inklusive Ereigniskombinationen	283
3.8.1	Geographie und Bevölkerungsverteilung	283
3.8.2	Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder.....	284
3.8.3	Meteorologie.....	285
3.8.4	Hydrologie	285
3.8.5	Geologie	286
3.8.6	Netzanbindung von KKN	288
3.8.7	Ereigniskombinationen	290
3.9	Schlussbewertung	295
4	Strahlenschutztechnische Auslegungsgrundsätze.....	296
4.1	Anforderungen an die Auslegung der Anlage hinsichtlich des Strahlenschutzes.....	296
4.2	Grundsätze des Strahlenschutzes.....	297
4.2.1	Rechtfertigung der Strahlenexposition	297
4.2.2	Begrenzung der Strahlenexposition	297
4.2.3	Optimierung des Strahlenschutzes.....	299
4.3	Vorschlag für den quellenbezogenen Dosisrichtwert für KKN mit Begründung	301
4.4	Einhaltung der Immissionsgrenzwerte und deren Überwachung	301
4.5	Gegenwärtige radiologische Situation am Standort KKN	302
4.6	Strahlenschutzkonzept	302
5	Wichtige personelle und organisatorische Angaben	303
5.1	Zeitliche Abstimmung	303
5.2	Qualitätsmanagement	305

5.2.1	Qualitätssicherung für die Ausarbeitung der Unterlagen für das Rahmenbewilligungsgesuch.....	305
5.2.2	Erfahrung und Fachkompetenz	308
5.2.3	QM-System für die weiteren Projektierungs-, Bau- und Betriebsphasen	309
5.2.4	Aspekte von Mensch, Technik und Organisation (MTO).....	310
5.3	Organisation	311
5.3.1	Definition der Grundlagen	311
5.3.2	Organisation in der Phase des Rahmenbewilligungsgesuches.....	311
5.3.3	Organisation in der Phase der Ausschreibung und des Baubewilligungsgesuches...	314
5.3.4	Organisation in der Phase Betriebsbewilligungsgesuch und Betrieb	315
5.3.5	Zusammenarbeit mit Anlagenbetreibern	315
5.3.6	Schnittstellen / Interaktionen mit externen Organisationen	315
5.3.7	Lernende Organisation	316
5.4	Ausbildungsgrundlagen	317
5.4.1	Ausbildungsmanagementsystem	317
5.4.2	Ausbildung des Kernkraftwerkspersonales	318
5.4.3	Ausbildung während der Bauphase	318
5.4.4	Training während der Inbetriebsetzung	319
5.4.5	Training nach der Inbetriebsetzung	319
5.4.6	Sicherheitskultur, Human and Organisational Factors (HOF)	319
5.5	Gesetzliche Grundlagen	321
6	Referenzen	323
7	Verzeichnisse	347
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	347
7.2	Tabellenverzeichnis.....	347

Präambel

Das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) der Gesuchstellerin Kernkraftwerk Niederamt AG (KKN AG) für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt (KKN) umfasst folgende Dokumente gemäss Art. 23 Kernenergieverordnung (KEV 2004):

- Sicherheitsbericht
- Sicherungsbericht
- Konzept für die Stilllegung
- Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle
- Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung
- Umweltverträglichkeitsbericht (UVB)

Beim vorliegenden Dokument handelt es sich um den Sicherheitsbericht.

Beim Erstellen dieses Berichtes wurde auf die Erfahrung und Expertise von AF-Colenco AG, BSB+Partner, Ingenieure und Planer sowie Gähler und Partner AG zurückgegriffen.

In diesem Bericht werden zur Sicherstellung eines einheitlichen Referenzierungssystemes die Abkürzungen der referenzierten Gesetze und Verordnungen, in Abweichung zur juristischen Praxis, mit der Jahreszahl des Zeitpunkts der Verabschiedung angegeben. Verwendet wurde jeweils der geltende und aktuelle Stand der jeweiligen Rechtsgrundlage.

1 Einleitung

Der vorliegende Sicherheitsbericht behandelt folgende Aspekte (Art. 23 KEV 2004):

- den Zweck und die Grundzüge des Projektes. Als Grundzüge gelten die ungefähre Grösse und Lage der wichtigsten Bauten sowie das Reaktorsystem, die Leistungsklasse und das Hauptkühlwassersystem (Art. 14 Abs. 1 KEG 2003).
- die Standorteigenschaften
- die voraussichtliche Strahlenexposition in der Umgebung der Anlage
- die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben

Der Umfang des vorliegenden Sicherheitsberichtes für das Rahmenbewilligungsgesuch wurde gegenüber den Vorgaben in der Kernenergieverordnung (KEV 2004) um die Kapitel "Auslegungsgrundlagen" und "Strahlenschutztechnische Auslegungsgrundsätze" erweitert.

2 Zweck und Grundzüge des Projektes

2.1 Zweck des Projektes

Der Zweck des Projektes ist die Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion unter Einbezug des dafür nötigen Umganges mit nuklearen Gütern und radioaktiven Abfällen. Ein weiterer, optionaler Zweck des Projektes ist die Bereitstellung von Prozess- und Fernwärme.

Der **Umgang mit nuklearen Gütern** umfasst im Wesentlichen die Übernahme von gelieferten neuen Brennelementen, deren Lagerung und die internen Transporte, sowie die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente, bis sie entweder zu einer Wiederaufarbeitungsanlage, in Zwischenlager (nass und/oder trocken) oder in ein Endlager abtransportiert werden.

Der **Umgang mit radioaktiven Abfällen** umfasst im Wesentlichen die Konditionierung und Zwischenlagerung von Betriebsabfällen aus dem Betrieb des geplanten Kernkraftwerkes (KKN), wobei die Konditionierung vor Ort mit mobilen Ausrüstungen durch Fremdfirmen (wie z. B. Grosspresse) ebenfalls im Umgang mit radioaktiven Abfällen eingeschlossen ist. Auch verglaste hochaktive Abfälle (Kokillen) aus der Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente können in Empfang genommen und zwischengelagert werden, bis sie zu einem Endlager abtransportiert werden. Weiter werden für den Betrieb und teilweise schon vor der Inbetriebsetzung des KKN radioaktive Start-, Prüf- und Kalibrierquellen benötigt. Gegebenenfalls wird darunter auch der Umgang mit radioaktiven Abfällen des Kernkraftwerkes Gösgen - Däniken (KKG) verstanden.

Die transportfähige Verpackung der Betriebsabfälle sowie die Zurücknahme aus externen Konditionierungs- und Verbrennungsanlagen und die Zwischenlagerung der konditionierten Abfälle gehören zum Zweck des Projektes.

Für den Fall, dass die Konditionierung der Brennelemente nicht, wie heute vorgesehen, am Standort des geologischen Tiefenlagers stattfindet, werden als Option einzelne Verfahrensschritte zur Vorbereitung für die Endlagerung (Überführung zur Endlagerfähigkeit) am Standort KKN in Betracht gezogen.

2.2 Grundzüge des Projektes

2.2.1 Standort und Umgebung

Das Projektareal des geplanten Kernkraftwerkes im Niederamt (Projektareal KKN) liegt im Nordosten des Kantones Solothurn in den Bezirken Olten und Gösgen auf dem Gebiet der Gemeinden Däniken, Gretzenbach und Niedergösgen. Das Projektareal KKN umfasst eine Gesamtfläche von ca. 49 ha und besteht aus einem Hauptareal und zwei Teilarealen links- und rechtsufrig der Alten Aare (Abbildung 2.2-1). Das Teilareal Nord umfasst die Parzellen 1801, 1802, 1803, 1804, 1902, 1937 (teilweise), 2336, 2348 und 90089 (teilweise) in der Gemeinde Niedergösgen. Das Hauptareal und das Teilareal Süd umfassen die Parzellen 41 (teilweise), 883 und 1221 in der Gemeinde Däniken sowie die Parzellen 917 (teilweise), 1178 und 1253 in der Gemeinde Gretzenbach. Teile der Parzelle 90000.1 (Gretzenbach) sowie Teile der Parzellen 90000 und 1806 (Niedergösgen) zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord sind ebenfalls im Projektareal.

Das Projektareal umfasst das gesamte Areal, das für Bau und Betrieb der Anlage gemäss dem heutigen Stand der Planung voraussichtlich benötigt wird.

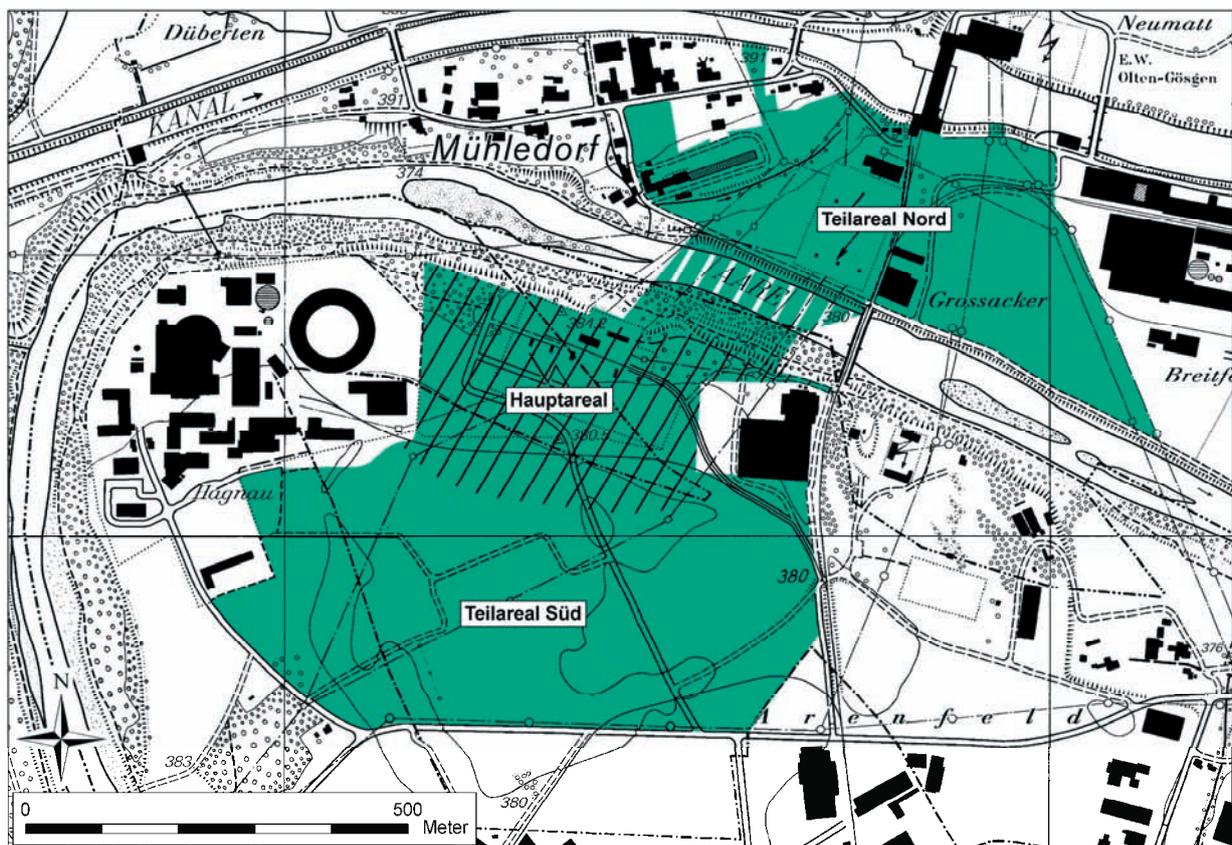


Abbildung 2.2-1 Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal

Das Hauptareal (schwarz schraffierte Fläche in Abbildung 2.2-1, ca. 10 ha) rechtsufrig der Alten Aare stellt die Fläche dar, auf welcher die Gebäude zur Stromerzeugung und zum Umgang mit nuklearen Gütern und radioaktiven Abfällen (Reaktorgebäude, Reaktorhilfsanlagegebäude, Sicherheitsgebäude, Brennelementlagerbecken, Abfallaufbereitungs- und -lagergebäude, Maschinenhaus mit Turbinen- und Generatoranlagen sowie Schaltanlagegebäude) zu stehen kommen. Aus Sicht der nuklearen Sicherheit ist die Eignung des Hauptareales relevant.

Das Projektareal KKN beinhaltet neben dem Hauptareal auch ein nördliches Teilareal linksufrig der Alten Aare (Teilareal Nord, ca. 14 ha) und ein Teilareal, welches die südliche Fortsetzung zum Hauptareal bildet (Teilareal Süd, ca. 22 ha). Ein Teil der Uferzonen sowie ein Teil der Alten Aare (ca. 3 ha) zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord werden für Unter- bzw. Überquerungen der Alten Aare mit benutzt.

Zum jetzigen Zeitpunkt der Planung wird von zwei Projektvarianten ausgegangen:

- Bei der **Projektvariante 1** (Abbildung 2.2-2) befinden sich die Gebäude zur Stromerzeugung und zum Umgang mit nuklearen Gütern und radioaktiven Abfällen sowie weitere Anlagenbauten auf dem Hauptareal südlich der Alten Aare. Das Teilareal Nord beinhaltet die Bauten des Hauptkühlwassersystemes (Hybridkühlturm, Wasseraufbereitungsanlage, Pumpenhaus) sowie Aussenanlagen wie Verwaltungsgebäude und Informationspavillon. Voraussichtlich befindet sich bei dieser Projektvariante der Haupteingang mit der Pfortnerloge auch auf dem Teilareal Nord. Die Installationsflächen (ca. 22 ha) sind hauptsächlich im Teilareal Süd angeordnet. Bei der Projektvariante 1 ist eine neue kraftwerkseigene Aarebrücke zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord für kraftwerks-interne Transporte vorgesehen. Für das Haupt- und das Nebenkühlwassersystem ist je ein Düker unter der Alten Aare zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord vorgesehen.
- Bei der **Projektvariante 2** (Abbildung 2.2-3) befinden sich wie bei der Projektvariante 1 die Gebäude zur Stromerzeugung und zum Umgang mit nuklearen Gütern und radioaktiven Abfällen sowie weitere Anlagenbauten auf dem Hauptareal. Die Bauten des Hauptkühlwassersystemes (Hybridkühlturm, Wasseraufbereitungsanlage, Pumpenhaus) sowie Aussenanlagen wie Verwaltungsgebäude und Informationspavillon sind auf dem Teilareal Süd angeordnet. Der Haupteingang mit der Pfortnerloge befindet sich auf dem Teilareal Süd oder auf dem Hauptareal. Die Installationsflächen sind auf die Teilareale Süd und Nord verteilt. Für das Nebenkühlwassersystem ist ein Düker unter der Alten Aare zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord vorgesehen.
- Bei beiden Projektvarianten wird die bestehende öffentliche Aarebrücke für Schienen- und Strassenschwertransporte umgebaut oder ersetzt.
- Bei beiden Projektvarianten sind auf dem Teilareal Nord Einlauf- und Auslaufbauwerke für Nebenkühlwasserfassungen am Oberwasserkanal (inkl. Zusatzwasser für den Hybrid-Kühlturm) und am Unterwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen als Optionen vorgesehen.

- Die Netzanbindung erfolgt bei beiden Projektvarianten auf dem Teilareal Nord an dannzumal im Rahmen der Erneuerung im Höchstspannungsnetz erstellten, eingehausten 380-kV- und 220-kV-Schaltanlagen. Diese neuen Schaltanlagen mit den notwendigen Leitungsanpassungen gehören nicht zum Projekt KKN, werden später aber für die Netzanbindung der Anlage mit benutzt werden.

Die Gesuchstellerin weist darauf hin, in späteren Planungsphasen allenfalls auch eine Kombination mit Elementen aus den Projektvarianten 1 und 2 zu verfolgen. Die Anordnung der Installationsflächen und der Bauwerke im Hauptareal sowie in den Teilarealen Nord und Süd kann erst im Baubewilligungsverfahren festgelegt werden. Sie hängt von der Grösse und Leistung des Reaktortypes ab. Weitere wichtige Entscheidungskriterien zur optimierten Anlagenanordnung sind unter anderem Aspekte der Sicherung, der Wechselwirkung mit dem KKG, der Umweltverträglichkeit, des Landschaftsbildes, des Bauablaufes, der Verkehrsanbindung und innerbetriebliche Abläufe.

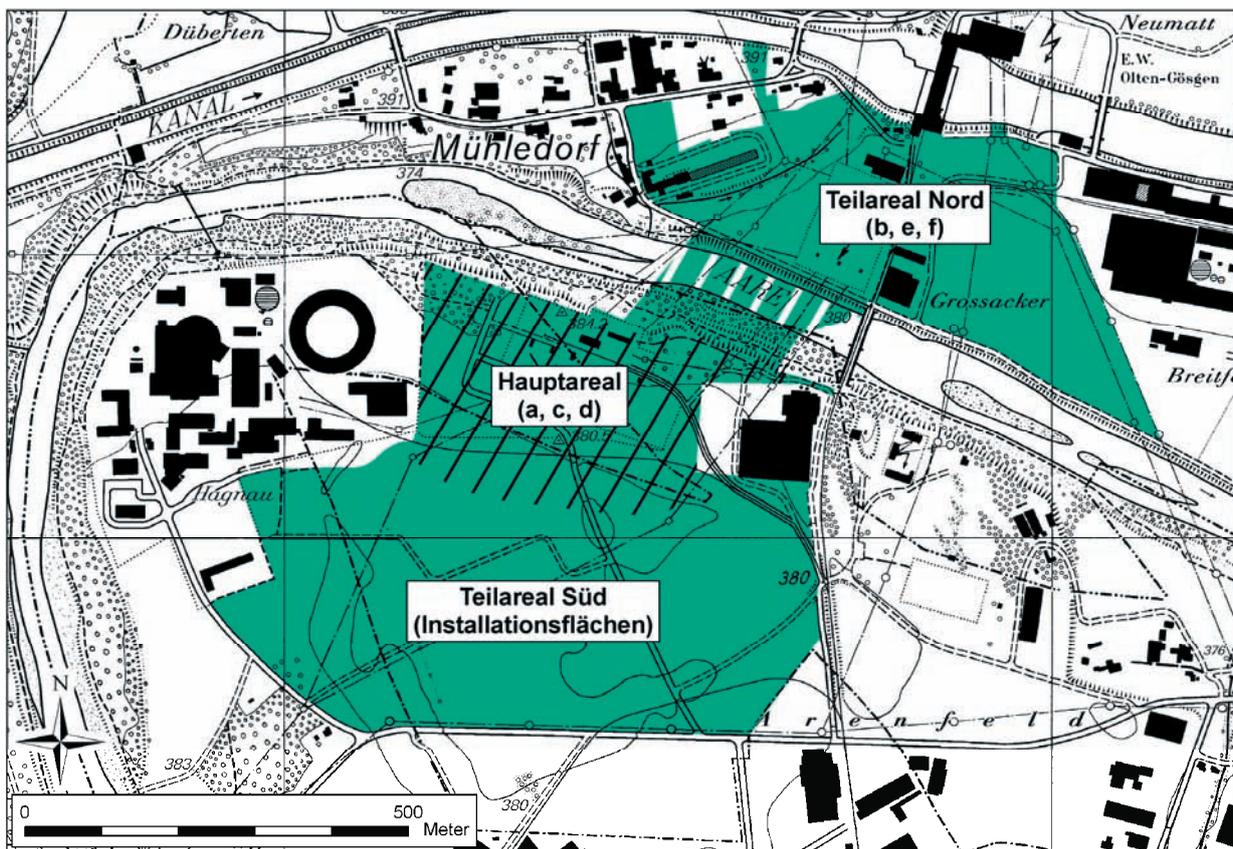


Abbildung 2.2-2 Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal - Variante 1 (inkl. Zuordnung der Funktionsgruppen a - f gemäss Kapitel 2.2.2 zu den Teilarealen)

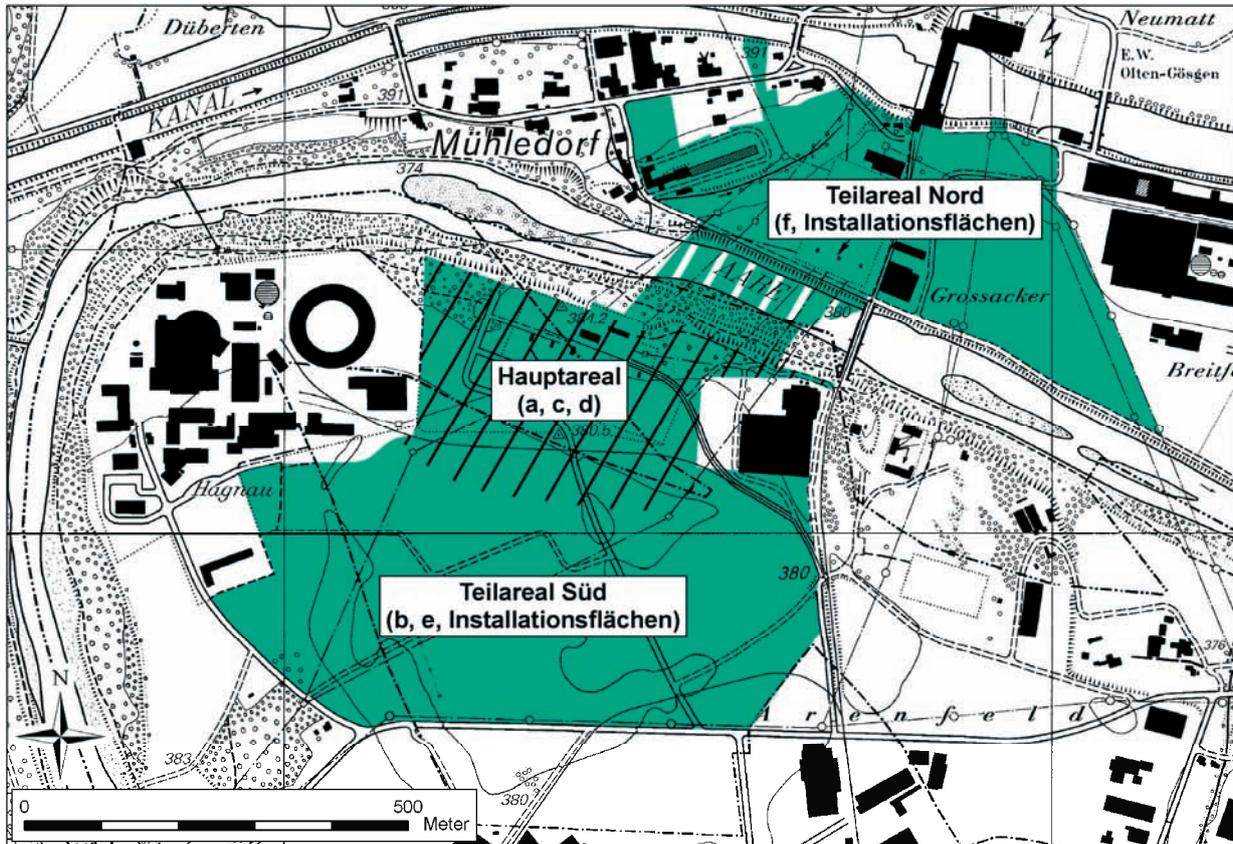


Abbildung 2.2-3 Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal - Variante 2 (inkl. Zuordnung der Funktionsgruppen a - f gemäss Kapitel 2.2.2 zu den Teilarealen)

2.2.2 Anlage

Der Zweck der Anlage ist die Stromproduktion. Vorgesehen sind hierzu die Errichtung und der Betrieb eines Leichtwasserreaktors der 3. Generation. Kernkraftwerke der 3. Generation entsprechen dem Stand der Technik. Die Reaktoranlagen der 3. Generation weisen sehr tiefe Wahrscheinlichkeiten für störfallbedingte Kernschäden auf und beherrschen darüber hinaus ein hypothetisches Kernschmelzen ohne wesentliche radiologische Folgen für die Umgebung.

Die Reaktorwahl und die Wahl des Lieferanten können aus technischen und kommerziellen Gründen erst später getroffen werden. Anlagespezifische Aspekte können deshalb erst im Baubewilligungsgesuch abgehandelt werden. Für den hier vorliegenden Sicherheitsbericht wird wie für die weiteren Unterlagen des Rahmenbewilligungsgesuches von einer generischen Reaktoranlage ausgegangen, welche die heute zur Auswahl stehenden Leichtwasserreaktoren (LWR) der 3. Generation bezüglich Leistung und Grösse abdeckt.

Hinsichtlich der elektrischen Nettoleistung bei Nennbedingungen werden dem Rahmenbewilligungsgesuch zwei Leistungsklassen zugrunde gelegt:

Leistungsklasse 1: $1.1 \text{ GW}_{\text{el}} \pm 20 \%$

Leistungsklasse 2: $1.6 \text{ GW}_{\text{el}} \pm 20 \%$

Für die sicherheitsrelevanten Betrachtungen im RBG wird vom oberen Wert von $1.9 \text{ GW}_{\text{el}}$ ausgegangen. Die entsprechende thermische Nennleistung hängt vom Wirkungsgrad der Anlage selbst und von der endgültigen Auslegung des Hauptkühlwassersystemes ab. Für die Gewährleistung der nuklearen Sicherheit des geplanten Kernkraftwerkes ist die thermische Leistung ausschlaggebend. Als obere Abschätzung, die beide Leistungsklassen abdeckt, kann von einem Wert von $5.8 \text{ GW}_{\text{th}}$ ausgegangen werden, welcher dem vorliegenden Gesuch rechtlich zugrunde gelegt wird.

Diese hohen Werte der thermischen und elektrischen Leistung sollen zukünftigen technologischen Entwicklungen auf allen Gebieten der Kerntechnik und des Maschinenbaus Rechnung tragen, um den Leistungsrahmen des auszuwählenden Leichtwasserreaktores und des nicht-nuklearen Teils der Anlage nicht auf heutige Technologiestandards einzuschränken. Der tatsächliche Leistungsrahmen der Anlage hängt vom Reaktortyp, dem Wirkungsgrad der Anlage selbst und von der endgültigen Auslegung des Kühlsystemes ab. Die geplante Reaktorleistung wird im Baubewilligungsverfahren festgelegt (Art. 17 KEG 2003). Die zulässige Reaktorleistung wird im Betriebsbewilligungsverfahren festgelegt (Art. 21 KEG 2003).

Die geplante Anlage wird typischerweise aus folgenden Funktionsgruppen bestehen:

- a. Anlagen der Stromerzeugung und zum Umgang mit nuklearen Gütern und radioaktiven Abfällen (Abbildung 2.2-4):
 - RA: Reaktoranlage mit Reaktorgebäude (R), Reaktorhilfsanlagengebäude, Sicherheitsgebäude, Brennelementlagergebäude, Abfallaufbereitungs- und -lagergebäude
 - M: Maschinenhaus mit Turbinen- und Generatoranlagen
 - Schaltanlagengebäude, Trafoanlagen und Notstromaggregate (nicht in Abbildung 2.2-4 dargestellt)
- b. Bauten des Hauptkühlwassersystemes:
 - Hybridkühlturm (Abbildung 2.2-5) mit Pumpenbauwerk und Bauwerke der Zusatzwasseraufbereitung

c. Nebenkühlwasserversorgung/-kühlung entweder über Kühlzellen oder Frischwasser aus der Aare bzw. Grundwasser versorgt oder eine Kombination daraus:

- Kühlzellen
- Nebenkühlwasserpumpenhaus
- Grundwasserentnahme (für Notstandsfälle)

d. Sonstige Bauten:

- Werkfeuerwehr, Werkstätte und Labors, Lagergebäude, etc.

e. Aussenanlagen:

- Wach- und Eingangsbereich mit Pförtnerloge, Verwaltungsgebäude, Personalrestaurant, Schulungs- und Simulatorgebäude, Informationspavillon, Parkhaus und/oder Parkplätze

f. Wasserentnahme- und -rückgabebauwerke für Nebenkühl- und Zusatzwassersysteme:

- Nebenkühlwasser- und Zusatzwasserentnahmebauwerk mit Reinigung und Nebenkühlwasser- und Abflutwasserrückgabebauwerk (Oberwasserkanal)
- Nebenkühlwasserentnahmebauwerk mit Reinigung (Unterswasserkanal)

Die Funktionsgruppen und deren mögliche Zuordnung zu den Teilarealen auf dem Projektareal KKN sind in Abbildung 2.2-2 für die Projektvariante 1 und Abbildung 2.2-3 für die Projektvariante 2 wiedergegeben.

Einen möglichen schematischen Grundriss der Hauptgebäude (RA und M) der generischen Anlage mit ungefährem Massstab zeigt Abbildung 2.2-4.

Abbildung 2.2-5 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Hybridkühlturms mit ungefährem Massstab.

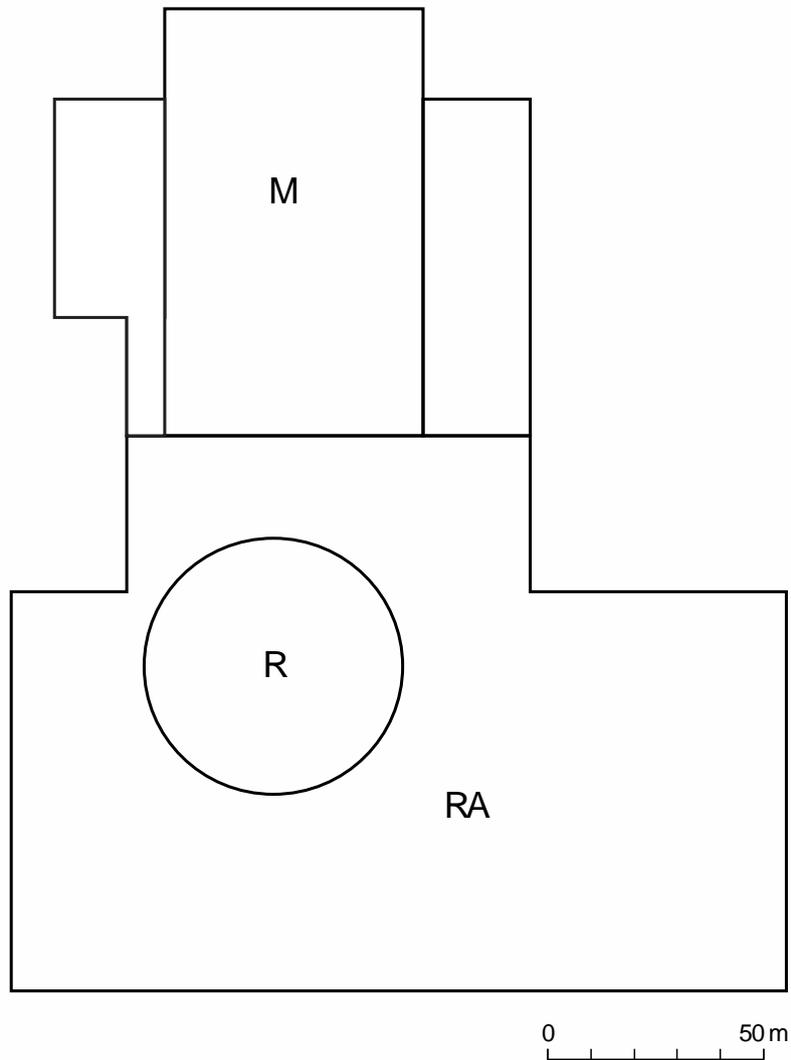


Abbildung 2.2-4 Möglicher Grundriss zentraler Gebäude zur Stromerzeugung in einem Kernkraftwerk (schematische Darstellung mit ungefährem Massstab) RA: Reaktor-anlage, R: Reaktorgebäude, M: Maschinenhaus

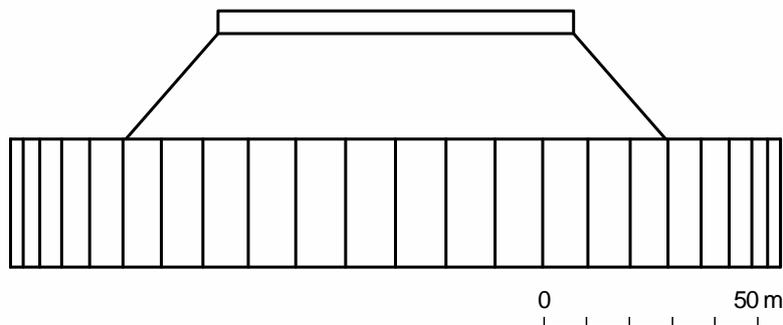


Abbildung 2.2-5 Schematische Seitenansicht eines Hybridkühlturms mit ungefährem Massstab

Die ungefähren Abmessungen der in Abbildung 2.2-4 und Abbildung 2.2-5 dargestellten Gebäudekomplexe (Grundmasse, Höhe, Fundationstiefe) sind in der Tabelle 2.2-1 zusammengefasst.

Tabelle 2.2-1 Ungefähre Abmessungen der wichtigsten Gebäudekomplexe

Bez.	Gebäudeteil	Durchmesser [m]	Länge [m]	Breite [m]	Höhe über Terrain [m]	Tiefe unter Terrain [m]
RA	Reaktoranlage		130	180	50(*)	(**)
R	Reaktorgebäude	60			75	(**)
M	Maschinenhaus		100	60	50	-5
	Hybridkühlturm	180			60	-5

(*): ohne Reaktorgebäude

(**): Die Fundationstiefen von RA und R hängen von der bautechnischen Realisierung bezüglich den seismischen Anforderungen ab und werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

Die dem vorliegenden Sicherheitsbericht zum heutigen Zeitpunkt zugrunde liegenden Angaben zur Kubatur und zum Flächenbedarf für eine generische Anlage werden in der Tabelle 2.2-2 dargestellt. Die Tabelle gibt auch eine Abschätzung zur Dauer der Bau- und Betriebszeit. Es handelt sich hierbei um aus Erfahrungs- und Planungswerten resultierende Angaben, die nach dem heutigen Wissensstand auch die zukünftige technische Weiterentwicklung berücksichtigen.

Tabelle 2.2-2 Angaben zum Bau und Betrieb der generischen Anlage

Kubaturen/Tonnagen Bauphase (ca.)	
Aushub (Boden und Gestein)	750'000 m ³
Beton	530'000 m ³
Armierungsstahl	65'000 t
Flächenbedarf (ca.)	
Betriebsphase	ca. 20 - 25 ha
Bauphase	zusätzlich ca. 20 - 25 ha
Zeitangaben	
Bauzeit	ca. 5 - 8 Jahre
Betriebszeit	ca. 60 Jahre

2.2.3 Hauptkühlwassersystem

Das Hauptkühlwassersystem des geplanten Kraftwerkes ist als Rückkühlsystem konzipiert. Im Kondensator unterhalb der Niederdruckturbine der Dampfkraftanlage wird die Kondensationswärme des Abdampfes vom Kühlwasser aufgenommen. Das erwärmte Kühlwasser wird in den Kühlturm geleitet, wo es durch Wärmeabgabe an die Atmosphäre rückgekühlt wird. Das abgekühlte Kühlwasser wird anschliessend wieder in den Kondensator gepumpt.

Zentrales Element des Hauptkühlwassersystemes ist der Hybridkühlturm, über welchen die Wärme an die Atmosphäre abgegeben wird. Dies geschieht im Wesentlichen durch Verdunstung von Kühlwasser und zum Teil auch durch Erwärmung der dem Kühlturm zugeführten Umgebungsluft.

Um ein übermässiges Aufkonzentrieren von Schwebstoffen und Salzen im Kühlkreislauf zu verhindern, muss ein minimales Abfluten des abgekühlten Wassers aus dem Kühlsystem gewährleistet sein.

Die Wasserverluste im Kühlkreislauf, welche durch Verdunstung und Abfluten entstehen, werden durch Einspeisung von entkarbonisiertem Zusatzwasser ersetzt, welches aus dem Oberwasserkanal entnommen, im Entnahmebauwerk mechanisch gereinigt und in der Wasseraufbereitungsanlage entkarbonisiert wird.

Das Abflutwasser wird über ein Rückgabebauwerk in den Oberwasserkanal flussabwärts der Rohwasserentnahme eingeleitet. In den Sommermonaten, wenn es aus physikalischen Gründen nicht möglich ist, im Kühlturm eine Kühlwassertemperatur $\leq 30^{\circ}\text{C}$ zu erreichen, muss die Einhaltung des Grenzwertes für die maximale Einleittemperatur durch Beimischung von Frischwasser aus dem Oberwasserkanal in das Abflutwasser sichergestellt werden.

Das Hauptkühlwassersystem ist ein Betriebssystem. Beim Ausfall des Hauptkühlwassersystemes wird die Anlage abgeschaltet.

Bei einer vorhersehbaren Nichtverfügbarkeit des Hauptkühlwassersystemes wird die Anlage nach festgelegten Betriebsvorschriften abgefahren. Bei einem unerwarteten Ausfall des Hauptkühlwassersystemes wird die Anlage durch das Reaktorschutzsystem (Turbinenschnellabschaltung TUSA, Reaktorschnellabschaltung RESA) automatisch abgeschaltet und in einen sicheren Zustand überführt.

Die Nachwärmeabfuhr aus der Reaktoranlage sowie die Wärmeabfuhr aus den nach der Abschaltung der Anlage noch erforderlichen Systeme und Aggregate werden durch das Nebenkühlwassersystem gewährleistet.

2.2.4 Nebenkühlwassersystem

Entsprechend den unterschiedlichen Funktionen und Anforderungen kann das Nebenkühlwassersystem in zwei Teilsysteme unterteilt werden:

- Nebenkühlwassersystem für betriebliche Verbraucher (betriebliches Nebenkühlwassersystem)
- Nebenkühlwassersystem für nukleare (sicherheitsrelevante) Verbraucher (nukleares Nebenkühlwassersystem)

Die gesamte abzuführende Wärmemenge liegt im Normalbetrieb bei ca. 50 - 100 MW.

Das betriebliche Nebenkühlwassersystem erfüllt keine sicherheitstechnischen Funktionen. Für dieses System stehen nach dem derzeitigen Planungsstand die folgenden Optionen zur Verfügung:

- Flusswasser aus dem Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen (wie beim KKG)
- Kühlzellen auf dem KKN-Gelände

Die Wärmeabfuhr durch das nukleare Nebenkühlwassersystem wird aus Sicherheitsgründen redundant und/oder diversitär ausgeführt. Für dieses System stehen nach dem derzeitigen Planungsstand die folgenden Optionen zur Verfügung:

- Flusswasser aus dem Oberwasser- und/oder dem Unterwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen (wie beim KKG)
- Kühlzellen auf dem KKN-Gelände
- Grundwasserbrunnen für Notstandsfälle (wie beim KKG)

Die Auswahl der Optionen für das Nebenkühlwassersystem bzw. die Kombination aus den oben erwähnten Optionen wird im Baubewilligungsverfahren erfolgen, wenn die konkrete Anlage und deren Bedürfnisse bekannt sind.

Zwischen den Kühlern von Systemen, die radioaktive oder konventionelle wassergefährdende Stoffe führen, und den betrieblichen wie auch nuklearen Nebenkühlwassersystemen, ist je ein geschlossener Zwischenkühlkreislauf vorgesehen. Durch diese Massnahme sowie durch entsprechende Druckstaffelung wird verhindert, dass bei Leckagen in den genannten Kühlern diese Stoffe in das Nebenkühlwasser gelangen.

Bei Kühlsystemen, die ausschliesslich für Notstandsfälle vorgesehen sind, kann auf einen Zwischenkühlkreislauf verzichtet werden.

Für die Option Flusswasserkühlung als Nebenkühlwassersystem ist von einer Entnahmemenge von ca. $5 \text{ m}^3/\text{s}$ auszugehen, wobei ca. $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ des erwärmten Flusswassers aus dem Nebenkühlwassersystem als Rohwasser für die Wasseraufbereitungsanlage genutzt werden kann. Der Gesamtbedarf an Kühlwasser und die Wärmeabgabe an den Vorfluter reduzieren sich entsprechend.

Bei einem mittleren Abfluss der Aare von $300 \text{ m}^3/\text{s}$ bewirkt der Wärmeeintrag eine Erwärmung des Flusswassers von ca. 0.06 K .

Für die Option Grundwasserbrunnen für Notstandsfälle ist in Anlehnung an die Notstand-Grundwasserbrunnen von KKG und Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) mit einer Entnahmemenge von ca. $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ zu rechnen. Die Grundwasserentnahme erfolgt voraussichtlich im Bereich des Hauptareales. Der genaue Ort wird im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

2.2.5 Netzanbindung

Die Abführung der produzierten elektrischen Energie auf der 380-kV-Spannungsebene aus KKN sowie gegebenenfalls die Eigenbedarfsversorgung von KKN aus der 220-kV- oder 380-kV-Spannungsebene erfolgt über die bestehenden externen Netze. Unabhängig vom Vorhaben KKN sind derzeit aufgrund von Alter, Zustand und Verfügbarkeit der Schaltanlagen ein Neubau kompakter 220-kV- und 380-kV-Schaltanlagen auf dem Teilareal Nord in Planung. Nach jetzigem Planungsstand der Erneuerung des Höchstspannungsnetzes im Knoten Gösigen kann das KKN an eingehauste, 220-kV- und 380-kV-Schaltanlagen angeschlossen werden.

Alle elektrischen Verbindungen zwischen KKN und den Anschlussklemmen der Schaltanlagenfelder des Höchstspannungsnetzes sowie notwendige lokale, projektbezogene Anpassungen am Höchstspannungsnetz sind Teil des Projektes KKN.

2.3 Auslegungsgrundlagen

2.3.1 Rahmenbedingungen der Auslegung

Die KKN AG wird allen Anforderungen des schweizerischen Regelwerkes, d. h. den Gesetzen, Verordnungen sowie den Richtlinien des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates (ENSI) Rechnung tragen und die Grundsätze für die Nutzung der Kernenergie und die Gewährleistung der nuklearen Sicherheit erfüllen.

Ein wichtiger Grundsatz für die Nutzung der Kernenergie (Art. 4 KEG 2003) ist der Schutz von Mensch und Umwelt. Radioaktive Stoffe dürfen nur in nicht gefährdendem Umfang freigesetzt werden. Das KKN wird deshalb Vorsorge treffen gegen eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe sowie gegen eine unzulässige Strahlenexposition von Personen im Normalbetrieb und im Störfall. Zudem werden alle Vorkehrungen getroffen, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik notwendig sind und - soweit angemessen - zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beitragen.

Empfehlungen internationaler Gremien wie der International Atomic Energy Agency (IAEA) und der International Commission on Radiological Protection (ICRP) zum Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen sind bereits weitgehend im schweizerischen Regelwerk integriert, die letzten Neuerungen (ICRP 2006a, ICRP 2006b, ICRP 2007) sollen im schweizerischen Regelwerk in den kommenden Jahren berücksichtigt werden. Diese Änderungen sind im Rahmenbewilligungsverfahren nicht relevant.

Da für das Rahmenbewilligungsgesuch der Reaktortyp und der Lieferant nicht bekannt sind, beschränken sich Angaben zu den Auslegungsgrundlagen des KKN auf folgende sicherheitstechnisch relevante Grundsätze:

- Das neue Kernkraftwerk wird sich an die von den europäischen Energieversorgungsunternehmen erarbeiteten Standards für Leichtwasserreaktoren der 3. Generation anlehnen. Die Beurteilungen der heute bekannten potentiellen Kernkraftwerkstypen sind diesbezüglich bereits im Gange.
- Die Auslegungsgrundlagen werden sich - soweit kein eigenständiges Schweizer Regelwerk besteht - an das Regelwerk des Herkunftslandes des Lieferanten anlehnen.
- Das KKN wird sich als weitgehend standardisierte Anlage auf eine langjährige Erfahrung aus Bau, Betrieb und Begutachtung von Leichtwasserreaktoren abstützen. Das Kraftwerk wird aus bewährten und erprobten Systemen, Anlagenteilen, Komponenten und Geräten bestehen.

- Die Anlagenauslegung hinsichtlich des gegenseitigen Gefährdungspotentials (z. B. "turbine missile") der Anlagen KKG und KKN wird entsprechend Art. 24 Abs. 2 und Anhang 4 (KEV 2004) mit der detaillierten Anlagenauslegung im Baubewilligungsverfahren erfolgen.

Im weiteren Bewilligungsverfahren wird die Gesuchstellerin detaillierte Auslegungsspezifikationen für das neue Kernkraftwerk ausarbeiten und den Behörden im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zur Prüfung vorlegen.

2.3.2 Sicherheitstechnische Grundsätze für die Auslegung, den Bau und den Betrieb des KKN

Bei der sicherheitstechnischen Auslegung, beim Bau und beim Betrieb des KKN werden Schutzmassnahmen nach international anerkannten Grundsätzen getroffen. Die Schutzmassnahmen umfassen insbesondere den Einsatz qualitativ hochwertiger Bauteile, gestaffelte Sicherheitsbarrieren, die mehrfache Ausführung und die Automation von Sicherheitssystemen, den Aufbau einer geeigneten Organisation mit qualifiziertem Personal sowie die Förderung eines ausgeprägten Sicherheitsbewusstseins (Art. 5 KEG 2003).

2.3.2.1 Gewährleistung der nuklearen Sicherheit

Zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit wird die Gesuchstellerin namentlich folgende gesetzlichen Anforderungen an die sicherheitstechnische Auslegung, den Bau, die Inbetriebnahme und den Betrieb des KKN berücksichtigen (Art. 7 und Art. 10 KEV 2004, Verordnung UVEK 2009, Richtlinien HSK-R-101 (HSK 1987), HSK-R-103 (HSK 1989), sowie deren Nachfolgedokumente):

- Das KKN wird bewährte oder nachweislich hochqualitative Verfahren, Werkstoffe, Techniken sowie Organisationsstrukturen und -abläufe einsetzen; dies gilt insbesondere für die Bereiche Planung, Fertigung, Prüfung, Betriebsführung, Überwachung, Instandhaltung, Qualitätssicherung, Erfahrungsauswertung, ergonomische Gestaltung sowie Aus- und Weiterbildung.
- Sicherheitsfunktionen werden auch bei Eintreten eines beliebigen, vom auslösenden Ereignis unabhängigen Einzelfehlers wirksam bleiben, und zwar auch dann, wenn eine Komponente wegen Instandhaltung nicht verfügbar ist.
- Sicherheitsfunktionen werden, soweit möglich, nach den Grundsätzen der Redundanz und der Diversität ausgeführt.

- Die zur Erfüllung einer Sicherheitsfunktion eingesetzten redundanten Stränge werden voneinander soweit möglich funktional unabhängig und von den anderen räumlich getrennt sein. Sie werden soweit möglich integral oder sonst in möglichst umfassenden Abschnitten sowohl mit Handsteuerung als auch mit simulierter automatischer Anregung prüfbar sein.
- Sicherheitsfunktionen werden derart automatisiert sein, dass bei Störfällen keine sicherheitsrelevanten Eingriffe des Personals innerhalb der ersten 30 Minuten nach dem auslösenden Ereignis erforderlich sind.
- Bei der Auslegung der Systeme und Komponenten werden ausreichende Sicherheitszuschläge berücksichtigt.
- Nach Möglichkeit wird ein sicherheitsgerichtetes Systemverhalten bei Fehlfunktionen von Ausrüstungen gewährleistet.
- Arbeitsplätze und Arbeitsabläufe für Bedienung und Instandhaltung der Anlage werden so gestaltet, dass die menschlichen Fähigkeiten und deren Grenzen berücksichtigt werden.

2.3.2.2 Schutz gegen Störfälle

Zum Schutz gegen Störfälle verfolgt das KKN folgende Schutzprinzipien (Art. 5 KEG 2003, Art. 7, Art. 8 und Art. 10 KEV 2004):

- Abweichungen vom Normalbetrieb werden soweit möglich durch ein selbstregulierendes, fehlertolerantes Anlageverhalten aufgefangen; es ist, soweit möglich, ein inhärent sicheres Anlageverhalten vorgesehen; als inhärente Sicherheit gilt der Zustand, in dem ein technisches System aus sich selbst heraus, also ohne weitere Hilfssysteme, sicher arbeitet.
- Bei gleichem Sicherheitsgewinn werden Massnahmen zur Verhinderung von Störfällen denjenigen zur Begrenzung der Konsequenzen von Störfällen vorgezogen.
- Das KKN wird Schutzmassnahmen gegen Störfälle mit Ursprung innerhalb oder ausserhalb der Anlage treffen:
 - Als Störfälle mit Ursprung innerhalb der Anlage gelten insbesondere Reaktivitätsstörung, Kühlmittelverlust, Verlust von Wärmesenken, Brand, Überflutung, mechanische Einwirkungen infolge Komponentenversagens, Beschädigung von Hüllrohren bei der Handhabung von Brennelementen, Versagen von Betriebssystemen, unerwünschtes Ansprechen oder fehlerhaftes Funktionieren von Sicherheitssystemen und Fehler des Personals.

- Als Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage gelten insbesondere Störfälle, die ausgelöst werden können durch Erdbeben, Überflutung, unfallbedingten Absturz von zivilen und militärischen Flugzeugen auf die Anlage, Sturmböe, Blitzschlag, Druckwelle, Brand, Verlust der externen Stromversorgung und Beeinträchtigungen oder Unterbruch der externen Kühlwasserzufuhr.
- Zur Beherrschung von Störfällen wird das KKN derart ausgelegt, dass keine unzulässigen radiologischen Auswirkungen in der Umgebung der Anlage entstehen; dazu sind passive und aktive Sicherheitssysteme vorgesehen.
- Gegen Störfälle, bei denen radioaktive Stoffe in gefährdendem Umfang freigesetzt werden können, wird das KKN zusätzlich vorbeugende und lindernde Vorkehren im technischen, organisatorischen und administrativen Bereich treffen und Notfallschutzmassnahmen zur Begrenzung des Schadenausmasses vorbereiten.

Die Anlage KKN wird derart spezifiziert und ausgelegt, dass bei Störfällen die Grenzwerte für nichtberuflich strahlenexponierte Personen gemäss Art. 94 (StSV 1994) eingehalten werden. Insbesondere werden die erforderlichen Massnahmen getroffen, damit bei Störfällen der Kategorie 3 nach der Verordnung (UVEK 2009), der Grenzwert von 100 mSv für nichtberuflich strahlenexponierte Personen gemäss Art. 94 Abs. 5 (StSV 1994) wie bei den bestehenden schweizerischen Anlagen deutlich unterschritten wird.

In der Verordnung (UVEK 2009) sind die spezifischen Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen festgelegt. Im Rahmenbewilligungsverfahren für das KKN fokussieren sich die Gesuchsunterlagen auf relevante Gefährdungsannahmen für Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage. Gefährdungsannahmen, welche potentiell standortabhängig sind, werden im Kapitel 3 "Standorteigenschaften und externe Ereignisse" des vorliegenden Sicherheitsberichtes behandelt. In der Verordnung (UVEK 2009) ist festgehalten, dass für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle, Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich 10^{-4} pro Jahr zu berücksichtigen und zu bewerten sind. Dieser Anforderung wird im Kapitel 3 Rechnung getragen.

Die Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse sind in der Richtlinie ENSI-A01 festgelegt (ENSI 2009b).

2.3.2.3 Grundsätze des Strahlenschutzes

Strahlenschutztechnische Auslegungsgrundsätze für den Normalbetrieb der projektierten Anlage KKN sind im Kapitel 4 aufgeführt. Auslegungsgrundsätze hinsichtlich des Strahlenschutzes bei Störfällen sind im Kapitel 2.3.2.2 angesprochen.

2.3.2.4 Anforderungen an die Sicherung

Zur Gewährleistung der Sicherung des KKN wird sich die Gesuchstellerin an folgende Schutzprinzipien halten (Art. 5 KEG 2003, Art. 9 KEV 2004):

- Es werden Sicherungsmassnahmen getroffen, um zu verhindern, dass die nukleare Sicherheit von Kernanlagen durch unbefugtes Einwirken beeinträchtigt oder Kernmaterialien entwendet werden können. Diese Massnahmen sind, soweit erforderlich, zu klassifizieren.
- Der Schutz von Kernanlagen und Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung beruht auf einer in die Tiefe gestaffelten Abwehr, welche bauliche, technische, organisatorische, personelle und administrative Massnahmen beinhaltet.

Die Grundsätze für die Gefährdungsannahmen und die Anforderungen an die Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen sind in der Verordnung (UVEK 2008) festgelegt.

Die grundsätzlichen Anforderungen an die Sicherungsmassnahmen sind in einer separaten Gesuchsunterlage (Sicherungsbericht) dargelegt (KKN 2008a).

3 Standorteigenschaften und externe Ereignisse

Im vorliegenden Kapitel werden die Standorteigenschaften beschrieben und im Hinblick auf die Eignung des Standortes für den Bau eines Kernkraftwerkes der 3. Generation bewertet. Die zukünftige Entwicklung der Standortparameter, u. a. aufgrund des Klimawandels, wird qualitativ dargestellt und, soweit möglich, quantitativ abgeschätzt.

Standortabhängige externe Ereignisse mit potentiellen Auswirkungen auf die Anlage bzw. auf die Auslegung der Anlage werden einzeln und in Kombination mit den anderen externen Ereignissen analysiert und bewertet.

3.1 Berücksichtigte externe Ereignisse und Ereigniskombinationen

Obwohl im Rahmenbewilligungsverfahren keine Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) verlangt und durchgeführt wird, wurde zur Festlegung der im vorliegenden Sicherheitsbericht für das KKN zu berücksichtigenden externen Ereignisse und Ereigniskombinationen die Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) herangezogen.

3.1.1 Einzelne externe Ereignisse

Die externen Ereignisse gemäss Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) sind in der Tabelle 3.1-1 zusammengestellt, unter Angabe der Kapitel des Sicherheitsberichtes, in denen sie behandelt sind.

Tabelle 3.1-1 Externe Ereignisse gemäss Richtlinie ENSI-A05 mit Angabe der Kapitel im Sicherheitsbericht, in denen sie behandelt sind

Externes Ereignis	Kapitel
Erdbeben: Bodenerschütterungen, Bodensetzungen, Erdbeben	3.6 Geologie, Seismik und Baugrund
Extreme Winde	3.4 Meteorologie
Tornados inkl. Trümmerstücke und weitere windgetragene Teile	3.4 Meteorologie
Externe Überflutung / Hochwasser	3.5 Hydrologie
Flugzeugabsturz: Stosslasten auf Gebäude, induzierte Erschütterungen, Treibstoffbrände inkl. Rauchentwicklung, Explosionen, Trümmerwirkungen	3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder
Trockenheit	Hohe Flusswassertemperatur: 3.5 Hydrologie Einfluss auf Grundwassertemperatur: 3.5 Hydrologie Hohe Lufttemperatur: 3.4 Meteorologie
Erosion	3.5 Hydrologie
Waldbrand	3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder
Hohe Sommertemperaturen	3.4 Meteorologie
Vereisung	3.4 Meteorologie (Luft) 3.5 Hydrologie (Wasser)
Unfälle in Industrie- oder Militäranlagen	3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder
Hangrutschung/Bergsturz	Hangrutschung: 3.6 Geologie, Seismik und Baugrund Bergsturz: für das Projektareal KKN nicht zutreffend
Blitzschlag	3.4 Meteorologie
Fluss-Niedrigwasser	3.5 Hydrologie
Tiefe Wintertemperaturen	Siehe Vereisung
Pipeline-Unfall	Gasleitungen: 3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder
Freisetzung von Chemikalien auf dem Anlagengelände	3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder
Flussbettverlagerung	3.1.2 Ereigniskombinationen (nur bei extrem unwahrscheinlicher Erdbebenstärke denkbar)
Verstopfung der Einlassrechen und -siebe durch vom Fluss transportiertes Material (wie Baumstämme, Äste, Blätter, Muscheln, Algen etc.)	3.5 Hydrologie
Schnee(verwehungen)	3.4 Meteorologie
Bodenverfestigung (Schrumpfen/Aufquellen)	3.6 Geologie, Seismik und Baugrund
Verkehrs-/Transportunfälle	3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder

3.1.2 Ereigniskombinationen

3.1.2.1 Ereigniskombinationen nach ENSI-A05

In der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) sind zwei Ereigniskombinationen aufgeführt:

- Ausserordentlich raue Winterbedingungen mit Schnee(verwehungen), niedrigen Temperaturen und Vereisung
- Ausgeprägt harte Sommerbedingungen mit hohen Temperaturen, Trockenheit, Waldbrand und niedrigem Flusswasserspiegel

3.1.2.2 Weitere denkbare Ereigniskombinationen

Es werden Ereignisse in Kombination berücksichtigt, die kausal zusammenhängen oder zusammenhängen können. Kombinationen von Ereignissen, die voneinander unabhängig sind und rein zufällig gleichzeitig oder so nacheinander eintreten würden, dass sie grössere Auswirkungen hätten als einzeln betrachtet, werden, wenn überhaupt nötig, in der PSA behandelt.

Nachfolgend sind die aus den im Kapitel 3.1.1 aufgeführten einzelnen Ereignissen gebildeten Ereigniskombinationen aufgelistet, in einem ersten Schritt zunächst rein formal, ohne Bewertung der Konsequenzen auf die Auslegung der Anlage. Ausgehend von jedem externen Ereignis als auslösendes Ereignis sind die potentiellen Folgeereignisse oder gleichzeitig auftretende Ereignisse angegeben.

Folgende externe Ereignisse werden mit potentiell kausal zusammenhängenden Ereignissen kombiniert betrachtet:

Erdbeben

- Externe Überflutung (Damm-/Wehrbruch)
- Hangrutschung
- Fluss-Niedrigwasser bzw. Verlust des Oberwasserkanales
- Flussbettverlagerung
- Verstopfung der Einlassrechen und -siebe
- Brand
- Unfälle auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen

Extreme Winde/Tornados inkl. Trümmerstücke und weitere windgetragene Teile

- Flugzeugabsturz
- Blitzschlag

Externe Überflutung

- Ufererosion
- Hangrutschung
- Verstopfung der Einlassrechen und -siebe

Weitere auslösende externe Ereignisse stellen entweder für das Projektareal KKN keine Gefährdung dar (Tabelle 3.1-2) oder haben keine weiteren Folgeereignisse, als die direkten Folgen (Tabelle 3.1-3) oder werden mit anderen Ereignissen gemäss Richtlinie ENSI-A05 kombiniert (Tabelle 3.1-4).

Tabelle 3.1-2 Externe Ereignisse, die keine Gefährdung für das Projektareal KKN darstellen

Auslösendes Ereignis	Kommentare
Erosion	Projektareal KKN nicht gefährdet, siehe Kapitel 3.5 Hydrologie
Hangrutschung	Projektareal KKN nicht gefährdet, siehe Kapitel 3.6 Geologie, Seismik und Baugrund
Bodenverfestigung (Schrumpfen/Aufquellen)	Für das Projektareal KKN nicht zutreffend, siehe Kapitel 3.6 Geologie, Seismik und Baugrund

Tabelle 3.1-3 Externe Ereignisse ohne externe Folgeereignisse

Auslösendes Ereignis	Kommentare
Flugzeugabsturz: Stosslasten auf Gebäude, induzierte Erschütterungen, Treibstoffbrände inkl. Rauchentwicklung, Explosionen, Trümmerwirkungen	Keine weiteren externen Folgeereignisse
Waldbrand inkl. Hitzestrahlung und Rauchentwicklung	Keine weiteren externen Folgeereignisse
Vereisung mit Verlust von Flusswasserfassungen	Keine weiteren externen Folgeereignisse
Unfälle in Industrie- oder Militäranlagen inkl. Druckwellen, Hitzestrahlung und toxische Gase	Keine weiteren externen Folgeereignisse
Blitzschlag	Keine externen Folgeereignisse
Fluss-Niedrigwasser	Keine externen Folgeereignisse
Pipeline-Unfall (Gasleitungen): Druckwellen, Hitzestrahlung, Eindringen von Gas in KKN-Gebäude	Keine weiteren externen Folgeereignisse
Flussbettverlagerung (infolge eines Erdbebens)	Keine darüber hinaus gehenden externen Folgeereignisse
Verstopfung der Einlassrechen und -siebe	Keine externen Folgeereignisse
Schnee(verwehungen)	Keine externen Folgeereignisse
Verkehrs-/Transportunfälle inkl. Druckwellen, Hitzestrahlung, toxische Gase und Eindringen von Gasen in KKN-Gebäude	Keine weiteren externen Folgeereignisse

Tabelle 3.1-4 Externe Ereignisse, die gemäss ENSI-A05 kombiniert werden

Auslösendes Ereignis	Kommentare
Trockenheit	Siehe Ereigniskombination nach ENSI-A05 im Kapitel 3.1.2.3
Hohe Sommertemperaturen	Siehe Ereigniskombination nach ENSI-A05 im Kapitel 3.1.2.3
Tiefe Wintertemperaturen	Siehe Ereigniskombination nach ENSI-A05 im Kapitel 3.1.2.3

3.1.2.3 Weiter zu verfolgende Ereigniskombinationen

Nach dem vorhergehenden Auswahl- und Ausschlussverfahren bleiben folgende Ereigniskombinationen zu berücksichtigen:

Erdbeben

- Externe Überflutung (Damm-/Wehrbruch)
- Hangrutschung (nur Uferrutschungen, siehe Kapitel 3.6)
- Fluss-Niedrigwasser bzw. Verlust des Oberwasserkanales
- Flussbettverlagerung
- Verstopfung der Einlassrechen und -siebe
- Brand
- Unfälle auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen

Extreme Winde/Tornados inkl. Trümmerstücke und weitere windgetragene Teile

- Flugzeugabsturz

Hier sind höchstens kleinere Privat-Flugzeuge zu betrachten. Die Piloten von grösseren Flugzeugen erkennen Stürme auf dem Radar und sind angehalten, diesen Wetterstörungen auszuweichen.

- Blitzschlag

Externe Überflutung

- Ufererosion
- Hangrutschung
- Verstopfung der Einlassrechen und -siebe

Kapitel 3.1.2.1 bzw. ENSI-A05:

- Ausserordentlich raue Winterbedingungen mit niedrigen Luft- und Wassertemperaturen und Vereisung

Die zwei ersten genannten Folgeereignisse von ausserordentlich rauen Winterbedingungen (niedrige Luft- und Wassertemperaturen) haben, ohne Vereisung, keinen potentiellen negativen Einfluss auf die Auslegung des Kraftwerkes: je kühler die Luft und das Flusswasser, desto besser ist die Kühlung der (sicherheitsrelevanten) Anlagenteile. Daher ist diese Ereigniskombination durch das einzelne Ereignis Vereisung abgedeckt (siehe Kapitel 3.4 "Meteorologie" und 3.5 "Hydrologie").

- Ausgeprägt harte Sommerbedingungen mit hohen Luft- und Wassertemperaturen, Trockenheit und niedrigen Fluss- und Grundwasserspiegeln

Die weiter zu verfolgenden Kombinationen von externen Ereignissen werden im Kapitel 3.8.7 "Ereigniskombinationen" näher behandelt und bewertet, unter Berücksichtigung der Bewertungen zu den einzelnen Ereignissen in den Kapiteln 3.3 bis 3.7.

3.2 Geographie und Bevölkerungsverteilung

3.2.1 Beschreibung des Standortes und seiner Umgebung

Der Standort des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt (KKN) liegt im Nordosten des Kantones Solothurn in den Bezirken Olten und Gösgen auf dem Gebiet der Gemeinden Däniken Gretzenbach und Niedergösgen, siehe Abbildung 3.2-1. Das Projektareal KKN (ca. 49 ha) beinhaltet neben dem Hauptareal mit der Reaktoranlage (ca. 10 ha) auch ein Teilareal Nord als nördliche Fortsetzung des Hauptareales (ca. 14 ha) und ein Teilareal Süd, welches die südliche Fortsetzung zum Hauptareal bildet (ca. 22 ha). Ein Teil der Uferzonen sowie ein Teil der Alten Aare (ca. 3 ha) zwischen dem Hauptareal und dem Teilareal Nord werden für Unter- bzw. Überquerungen der Alten Aare mit benutzt.

Das Hauptareal und das Teilareal Süd sind auf der Nordseite durch den Aarelauf begrenzt, der in einer Schleife das "Aarfeld" auf drei Seiten umschliesst. Das "Aarfeld" bildet ein ebenes Schotterfeld von etwa 1 km² Fläche. Das Teilareal Nord befindet sich zwischen der Alten Aare und dem Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen (Insel). Im östlichen Teil der Insel liegt das ebenfalls ebene Schotterfeld "Grossacker".

Während sich die südliche Uferpartie sowie der östliche Teil der Insel nur mit einer Böschung zum Flusslauf neigen, steigt das nördliche Ufer als Aussenrandzone der Flussschleife naturgemäss steil zum Fuss der Dammböschung des Oberwasserkanales an.

Das Projektareal KKN befindet sich gemäss den Nutzungsplänen der betroffenen Gemeinden in der Industriezone A (Däniken), der Arbeitszone 1, der Reservezone sowie im Wald und in der kantonalen Uferschutzzone (Gretzenbach), der EW-Spezialzone, der Gewerbezone und der Kernzone Mühledorf (Niedergösgen) sowie in der Landwirtschaftszone (Däniken und Gretzenbach). Einzelheiten dazu sind im Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung (KKN 2009b) enthalten.

3.2.2 Topographie

Das Aaretal bildet am Standort, wie der Ausschnitt der Landeskarte 1 : 25'000 in Abbildung 3.2-1 zeigt, einen nahezu 3 km breiten ebenen Talboden, durch den die Aare in weiten Schleifen zwischen Olten und Schönenwerd von West nach Ost fließt. Ab der Talenge bei Schönenwerd ist der Flussverlauf der Aare nach Nordost, auf die Städte Aarau und Wildegg zu, gerichtet.

Die Höhenlage des Talbodens in der nördlichen Umgebung des Standortes variiert zwischen 380 m ü. M. und 400 m ü. M. Die das Aaretal im Norden begrenzenden, weitgehend bewaldeten Höhenzüge gehören zur südlichen Randzone des Jura. Diese ist durch einen relativ steilen Anstieg auf 450 m ü. M. bis 470 m ü. M. des hügeligen Vorgeländes der markanten Jurahöhen charakterisiert, die sich in etwa 3 km Entfernung vom Aarelauf auf 750 m ü. M. bis 900 m ü. M. erheben.

Im Süden erhebt sich in einer Distanz von etwa 3 km mit relativ steiler Nordabdachung der "Dulliker Engelberg" bis 702 m ü. M. und erreicht mit seinen nordöstlichen Ausläufern die Talaufweitung von Aarau mit dem Mündungsgebiet der Suhre.

Neben der ausgeprägt mäanderförmig verlaufenden Aare erstreckt sich zwischen Olten und Aarau der Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen. Dieser reicht mit seiner Länge von nahezu 5 km beinahe bis Olten, wo unmittelbar oberhalb Winznau ein Stauwehr den Pegelstand im Kanal und den Restwasserfluss im alten Aarelauf mit bestimmt bzw. regelt. Der Unterwasserkanal vereinigt sich etwa 1 km unterhalb des Maschinenhauses des Wasserkraftwerkes Gösgen wieder mit dem Aarelauf.

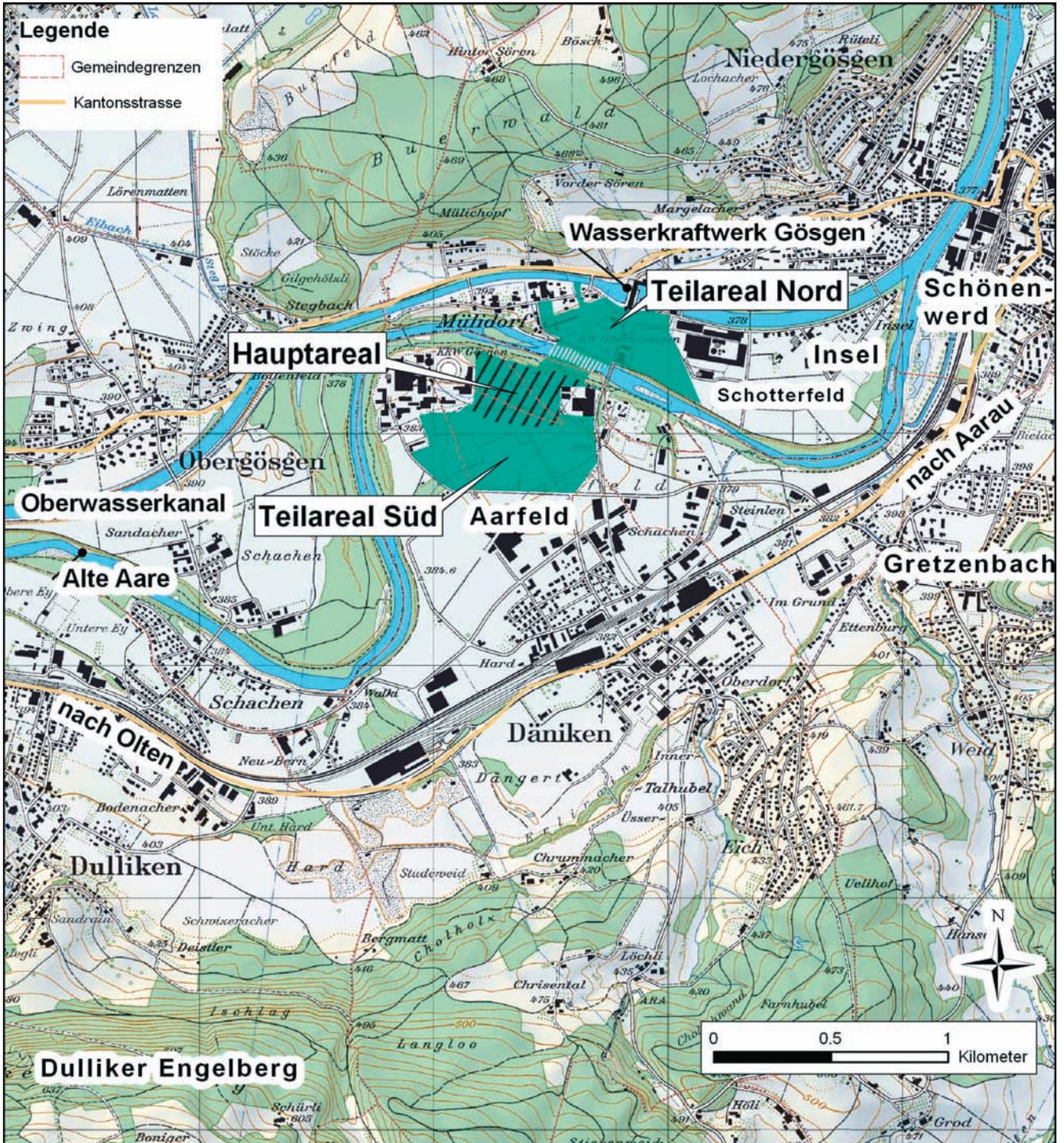


Abbildung 3.2-1 Lage des Projektareales (Basis: Landeskarte 1 : 25'000, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BM092332)

3.2.3 Besiedlung

3.2.3.1 Methodik zur Ermittlung der Bevölkerungszahlen

Die Bevölkerungszahlen wurden mittels eines geographischen Informationssystems (GIS) erfasst (ESRI 2008). Es wurden die folgenden digitalen Datengrundlagen verwendet:

- Kantons- und Gemeindegrenzen (Swisstopo 2007)
- Bauzonen der betroffenen Gemeinden der Kantone Solothurn (SOGIS 2007), Aargau (AGIS 2007) und Basel-Landschaft (ARP 2007)
- Bevölkerungszahlen der betroffenen Gemeinden, Einwohner per 31.12.2008 (Stat 2008)

Für jede Gemeinde, die ganz oder teilweise im Umkreis von 10 km um den Standort KKN liegt, wurden basierend auf den Bauzonen alle Wohnzonen (dauernd bewohnte Gebiete) ermittelt. Im GIS wurde die gesamte Bevölkerung pro Gemeinde den jeweiligen Wohnzonen zugeordnet. Die Umgebung um den Standort wurde in Sektoren von 30 ° und Kreisringe von 1 km unterteilt. Mit Hilfe des GIS wurden die Bevölkerungszahlen schliesslich gemeindeweise den Kreisringen zugeteilt (Tabelle 3.2-1).

3.2.3.2 Besiedlungsdaten um den Standort KKN

Der Standort KKN liegt in einem Gebiet, welches in der unmittelbaren Umgebung eher dünn besiedelt ist. Im Umkreis von 1 km befinden sich die Siedlungen Lören (nördlich von Däniken), Müli-dorf, Mülifeld und die Einfamilienhaussiedlung im östlichen Teil der Gemeinde Obergösgen mit gesamthaft ca. 200 Häusern und rund 960 Einwohnern. Die nächstgelegenen Wohnhäuser stehen in Müli-dorf im Abstand von ca. 250 - 500 m vom Zentrum des Hauptareales. In einer Entfernung von 1 - 2 km leben ca. 7'200 Personen, wovon der grösste Anteil auf Gemeindegebiet von Niedergösgen (2'470), Obergösgen (1'750) und Däniken (1'900) entfällt (vgl. Tabelle 3.2-1). Das Zentrum des nächstgelegenen bedeutenden Industrie- und Siedlungsgebietes von Niedergösgen/Schönenwerd, das etwa 2 km Durchmesser und, unter Einschluss von Gretzenbach, eine totale Bevölkerung von 11'000 Einwohnern aufweist, liegt 2 km des Standortes entfernt.

Im Umkreis von 10 km um den Standort KKN liegen drei grössere Siedlungsgebiete mit mehr als 10'000 Einwohnern: Aarau mit ca. 16'000 Einwohnern im Nordosten, Olten mit rund 17'000 Einwohnern im Westen und Zofingen mit ca. 11'000 Einwohnern im Süden. In der weiteren Umgebung (Entfernung > 10 km) sind zunächst keine grossen Stadtgebiete vorhanden. Die städtischen Bevölkerungszentren von Basel und Zürich befinden sich in einer Entfernung von 30 - 40 km bzw. 40 - 50 km.

Sowohl die Wohnsiedlungen als auch die Bevölkerungsverteilung in der Umgebung des Standortes KKN sind aus Abbildung 3.2-2 bis Abbildung 3.2-4 ersichtlich. Ferner sind in der Tabelle 3.2-1 die Ortschaften im Umkreis von 10 km mit Angabe der Bevölkerungszahl und der Distanz zum Standort (Zentrum vom Hauptareal) zusammengestellt (Stat 2008).

Tabelle 3.2-1 Bevölkerungszahlen im Umkreis von 10 km um den Standort KKN, Stand 31.12.2008

Distanz vom Standort (km)	Gemeinde (aufgrund der Lage des jeweiligen Umkreises anteilmässig berücksichtigt)	Einwohnerzahl im Kreisring (pro Gemeinde)	Einwohnerzahl im Kreisring (total)
0 - 1	Däniken	191	957
	Gretzenbach	4	
	Niedergösgen	741	
	Obergösgen	21	
1 - 2	Dulliken	70	7'185
	Däniken	1'884	
	Gretzenbach	958	
	Niedergösgen	2'472	
	Obergösgen	1'745	
	Schönenwerd	56	
2 - 3	Dulliken	2'677	12'713
	Däniken	632	
	Gretzenbach	1'469	
	Lostorf	2'016	
	Niedergösgen	636	
	Obergösgen	294	
	Schönenwerd	3'583	
	Stüsslingen	658	
	Winznau	748	
3 - 4	Dulliken	1'917	7'492
	Eppenberg-Wöschnau	41	
	Erlinsbach (SO)	641	
	Gretzenbach	15	
	Lostorf	1'421	
	Olten	271	
	Schönenwerd	1'116	
	Starrkirch-Wil	786	
	Stüsslingen	339	
	Walterswil (SO)	41	
	Winznau	904	

Sicherheitsbericht für das KKN -3.2 Geographie und Bevölkerungsverteilung-

Distanz vom Standort (km)	Gemeinde (aufgrund der Lage des jeweiligen Umkreises anteilmässig berücksichtigt)	Einwohnerzahl im Kreisring (pro Gemeinde)	Einwohnerzahl im Kreisring (total)
4 - 5	Aarau	146	16'351
	Eppenberg-Wöschnau	270	
	Erlinsbach	2'938	
	Kölliken	1'734	
	Lostorf	295	
	Oberentfelden	922	
	Olten	5'896	
	Safenwil	1'480	
	Starrkirch-Wil	836	
	Trimbach	893	
	Unterentfelden	267	
	Walterswil (SO)	651	
	Winznau	23	
5 - 6	Aarau	4'210	32'269
	Aarburg	293	
	Erlinsbach	2'903	
	Kölliken	2'346	
	Oberentfelden	5'480	
	Oftringen	17	
	Olten	7'925	
	Rohr (SO)	94	
	Safenwil	1'799	
	Trimbach	3'701	
	Unterentfelden	3'501	
6 - 7	Aarau	9'094	25'276
	Aarburg	2'658	
	Erlinsbach	2	
	Holziken	591	
	Küttigen	865	
	Muhen	1'335	
	Oberentfelden	896	
	Oftringen	4'973	
	Olten	2'956	
	Suhr	254	
	Trimbach	1'334	
	Wangen bei Olten	1	
	Wisen (SO)	2	
	Zofingen	315	

Distanz vom Standort (km)	Gemeinde (aufgrund der Lage des jeweiligen Umkreises anteilmässig berücksichtigt)	Einwohnerzahl im Kreisring (pro Gemeinde)	Einwohnerzahl im Kreisring (total)
7 - 8	Aarau	2'423	32'799
	Aarburg	3'741	
	Buchs (AG)	2'442	
	Hauenstein-Ifenthal	191	
	Hirschthal	488	
	Holziken	569	
	Kienberg	42	
	Küttigen	2'981	
	Muhlen	1'952	
	Oftringen	5'765	
	Olten	48	
	Oltingen	240	
	Suhr	5'866	
	Trimbach	273	
	Uerkheim	903	
	Wangen bei Olten	1'941	
	Wisen (SO)	409	
	Zeglingen	446	
	Zofingen	2'079	
8 - 9	Aarau	31	25'587
	Biberstein	59	
	Bottenwil	224	
	Buchs (AG)	3'854	
	Gränichen	699	
	Hauenstein-Ifenthal	61	
	Hirschthal	916	
	Kienberg	468	
	Kilchberg (BL)	123	
	Küttigen	1'557	
	Läufelfingen	106	
	Muhlen	202	
	Oftringen	1'028	
	Oltingen	179	
	Rickenbach (SO)	19	
	Rohr (AG)	1'829	
	Rothrist	2'097	
Schöffland	2'016		
Strengelbach	63		

Sicherheitsbericht für das KKN

-3.2 Geographie und Bevölkerungsverteilung-

Distanz vom Standort (km)	Gemeinde (aufgrund der Lage des jeweiligen Umkreises anteilmässig berücksichtigt)	Einwohnerzahl im Kreisring (pro Gemeinde)	Einwohnerzahl im Kreisring (total)
	Suhr	3'436	
	Uerkheim	382	
	Wangen bei Olten	2'919	
	Zeglingen	16	
	Zofingen	3'303	
9 - 10	Anwil	484	
	Biberstein	667	
	Bottenwil	570	
	Buchs (AG)	243	
	Densbüren	33	
	Gränichen	4'282	
	Hauenstein-Ifenthal	62	
	Hirschthal	25	
	Häfelfingen	220	
	Hägendorf	290	
	Kappel (SO)	98	
	Kilchberg (BL)	8	23'511
	Läufelfingen	1'149	
	Oberhof	560	
	Rickenbach (SO)	897	
	Rohr (AG)	1'384	
	Rothrist	3'178	
	Rünenberg	166	
	Schöffland	1'594	
	Staffelbach	158	
	Strengelbach	2'267	
	Wenslingen	664	
	Zofingen	4'512	



Abbildung 3.2-2 Bevölkerungszahlen nach Gemeinden im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008

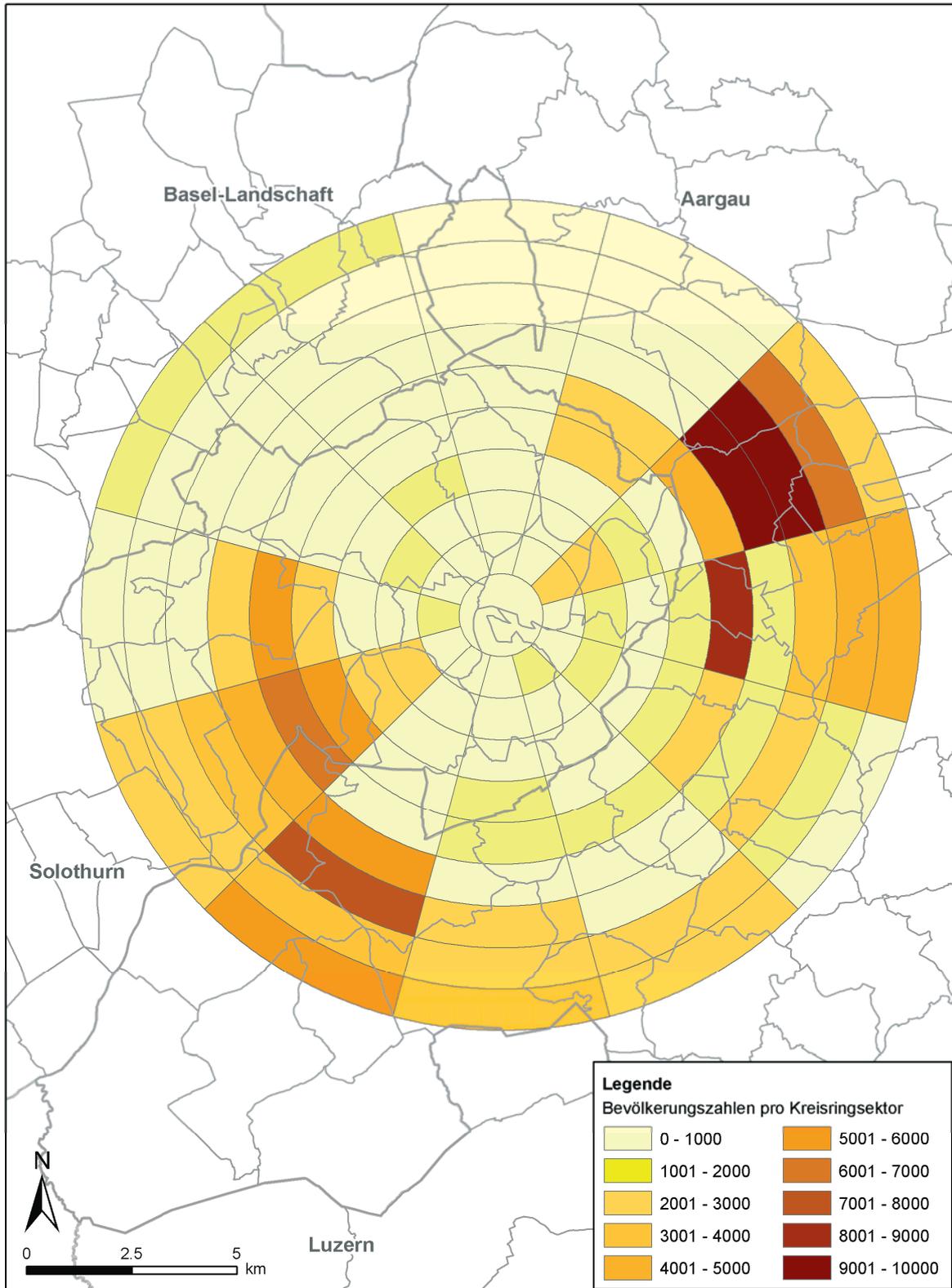


Abbildung 3.2-3 Bevölkerungszahlen nach Kreisringsektoren im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008

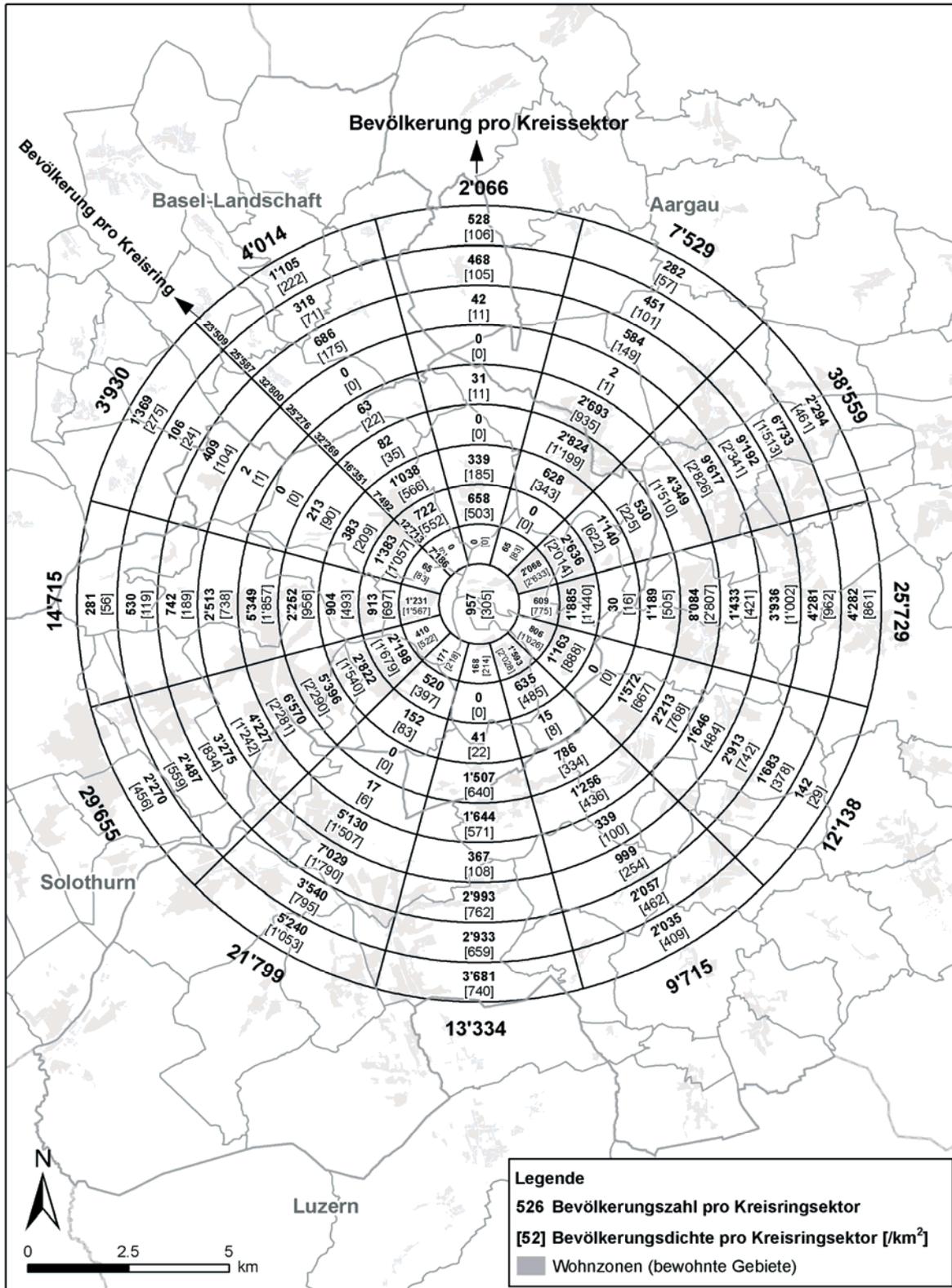


Abbildung 3.2-4 Bevölkerungszahlen und -dichte nach Kreisringsektoren im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008

Tabelle 3.2-2 ist eine Zusammenstellung von öffentlichen Einrichtungen im Umkreis von 10 km um den Standort KKN wie Schulen, Spitäler, Heilanstalten, Altersheime, in denen sich mehr als 200 Personen aufhalten können, sowie Betriebsstätten mit mehr als 200 Beschäftigten. Bezugsquellen für diese Angaben sind (Kanton SO 2002, BFS 2005a, Kanton BL 2006, Kanton AG 2007a, Kanton AG 2007b, Kanton BL 2007, Kanton SO 2007, Kanton SO 2008, Kanton AG 2009a).

Ergänzend ist zu Tabelle 3.2-2 folgendes anzumerken:

- 1 Gemäss der auf das Bundesstatistikgesetz gestützten Verordnung über die Durchführung von statistischen Erhebungen des Bundes ist es nicht statthaft, Ergebnisse von Erhebungen so zu veröffentlichen, dass unter anderem Unternehmungen oder Betriebe identifiziert werden können (Stat-Verordnung 1993). Daher ist in der Tabelle 3.2-2 bei den Betriebsstätten nur der Wirtschaftszweig gemäss dem Schlüssel des Bundesamtes für Statistik angegeben (BFS 2002).
- 2 Eine Aufschlüsselung der Schülerzahlen nach einzelnen Schulgebäuden war von den zuständigen Stellen nicht zu erhalten. Deswegen wird die Schülerzahl insgesamt pro Gemeinde angegeben. Das Departement für Bildung und Kultur des Kantones Solothurn führt seit dem Jahr 2002 keine Schülerstatistik mehr. Die Daten für den Kanton Solothurn sind daher noch auf dem Stand von 2002 (Kanton SO 2002).
- 3 Im Kanton Basel-Landschaft gibt es in keiner der betroffenen Gemeinden mehr als 200 Schüler. Ausserdem gibt es in diesen Gemeinden weder öffentliche Einrichtungen, in denen sich mehr als 200 Personen aufhalten, noch Betriebe mit mehr als 200 Beschäftigten (BFS 2005a, Kanton BL 2006, Kanton BL 2007).

Tabelle 3.2-2 Öffentliche Einrichtungen im Umkreis von 10 km um den Standort KKN, in denen sich mehr als 200 Personen aufhalten können und Betriebsstätten mit mehr als 200 Beschäftigten

Gemeinde	Schulen (Anzahl Schüler)	Betriebsstätten (Wirtschaftszweige gemäss NOGA-Code vom Bundesamt für Statistik und Anzahl Beschäftigte)	Spitäler, Heilanstalten (Bettenkapazität)
Kanton Aargau			
Aarau	10'025	Bau: 685 Kreditinstitute: 357 Herstellung von techn. Geräten: 817 Interessenvertretungen: 431 Öffentliche Verwaltung; Verteidigung, Sozialversicherung: 458 Nachrichtenübermittlung: 1'098 Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen: 3'207	Kantonsspital: 565 Altersheime: 116 Privatklinik: 98
Aarburg	814	Herstellung von Metallerzeugnissen: 311	--
Buchs (AG)	748	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren: 208 Herstellung von chemischen Erzeugnissen: 520 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Getränken: 731 Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen: 262 Landverkehr; Transport in Rohrfernleitungen: 263	--
Erlinsbach	662	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen: 301	--
Gränichen	936	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Getränken: 570	--
Kölliken	601	--	--
Küttigen	549	--	--
Muhlen	346	Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen: 427	--
Oberentfelden	1'009	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung: 565	Alters- u. Pflegeheim: 97
Oftringen	1'360	Herstellung von Papier, Pappe: 297 Herstellung von Metallerzeugnissen: 202	--
Rohr (AG)	363	--	--
Rothrist	916	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen: 216 Detailhandel; Reparatur von Gebrauchsgütern: 256 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Getränken: 297	Altersheim/ Alterswohnungen: 110
Safenwil	338	Automobilhandel, Instandhaltung und Reparatur von Automobilen: 246	--
Schöffland	645	--	Regionales Alterszentrum: 111
Strengelbach	504	--	--
Suhr	1'240	Detailhandel, Reparatur von Gebrauchsgütern: 587 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Getränken: 434 Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr; Verkehrsvermittlung: 679	Regionales Krankenhaus Lindenfeld: 150 Alters- u. Pflegeheim: 104
Unterentfelden	530	Herstellung von Metallerzeugnissen: 209	--

Sicherheitsbericht für das KKN

-3.2 Geographie und Bevölkerungsverteilung-

Gemeinde	Schulen (Anzahl Schüler)	Betriebsstätten (Wirtschaftszweige gemäss NOGA-Code vom Bundesamt für Statistik und Anzahl Beschäftigte)	Spitäler, Heilanstalten (Bettenkapazität)
Zofingen	2'938	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen: 567 Herstellung von Verlags- und Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern: 956 Maschinenbau: 607 Herstellung von chemischen Erzeugnissen: 763	Bezirksspital: 122 Privatklinik: 98 Krankenheim- abteilung: 96 Städt. Altersheime: 136
Kanton Solothurn			
Däniken	239	Energieversorgung: 475 Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung: 275	--
Dulliken	548	Herstellung von Metallerzeugnissen: 217	--
Gretzenbach	297	--	--
Hägendorf	560	Handelsvermittlung und Grosshandel (ohne Handel mit Automobilen): 435	--
Kappel	197	--	--
Lostorf	297	--	--
Niedererlins- bach	147	--	--
Niedergösgen	362	--	--
Obergösgen	450	--	--
Oltén	8'760	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung: 310 Landverkehr; Transport in Rohrfernleitungen: 936 Nachrichtenübermittlung: 221 Energieversorgung: 285 Metallerzeugung und -bearbeitung: 206 Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen: 220 Kreditinstitute: 224 Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen: 1'076 Erziehung und Unterricht: 200	Kantonsspital: 221
Rickenbach	--	Herstellung von Papier, Pappé: 365	--
Schönenwerd	695	Bau: 200	Altersheim: 91
Trimbach	754	--	--
Wangen bei Oltén	458	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Getränken: 402 Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr; Verkehrsvermittlung: 939	--

3.2.4 Landnutzung

In Tabelle 3.2-3 bis Tabelle 3.2-6 sind Gemeinden, deren Fläche nur marginal den äusseren Betrachtungsradius tangiert, nicht berücksichtigt.

3.2.4.1 Arealstatistik

Tabelle 3.2-3 enthält die Übersicht der Flächennutzung der Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort des KKN liegen. In der Arealstatistik 1992/1997 (BFS 1997) des Bundesamtes für Statistik wurden folgende Flächenanteile ermittelt:

Wald und Gehölze	5'453 ha	oder	43 % der Gesamtfläche
Landwirtschaftliche Produktion	4'123 ha	oder	33 % der Gesamtfläche
Siedlung und Verkehr	2'269 ha	oder	18 % der Gesamtfläche
Industrie	276 ha	oder	2 % der Gesamtfläche
Unproduktive Flächen	230 ha	oder	2 % der Gesamtfläche
Obst-, Reb- und Gartenbau	290 ha	oder	2 % der Gesamtfläche

Tabelle 3.2-3 Vegetation und Bodennutzung in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort KKN liegen (Flächenangaben in ha)

Gemeinde	Gesamtfläche	Wald und Gehölz	Obst-, Reb- und Gartenbau	Wiesen, Weiden und Ackerland	Überbautes Gebiet (Siedlung, Verkehr und Grünanlagen)	Industrieareal	Unproduktive Fläche
Bezirk Gösgen (SO)							
Lostorf	1'331	658	23	515	130	5	0
Erlinsbach	886	362	39	355	104	3	23
Niedergösgen	433	171	12	95	109	15	31
Obergösgen	363	105	7	148	72	4	27
Stüsslingen	615	226	17	317	55	0	0
Rohr (SO)	225	112	8	91	14	0	0
Trimbach	765	415	15	173	145	8	9
Winznau	395	167	11	134	61	7	15
Bezirk Olten (SO)							
Däniken	280	89	4	146	36	2	3
Dulliken	603	209	18	222	126	25	3
Eppenbergl-Wöschnau	183	80	2	67	21	8	5
Gretzenbach	581	214	17	234	99	14	3
Olten	1'151	497	14	147	345	93	55
Schönenwerd	374	168	3	38	128	20	17
Starrkirch-Wil	183	93	8	43	39	0	0
Walterswil	452	166	20	223	42	0	1
Bezirk Aarau (AG)							
Erlinsbach	986	530	25	317	105	0	9
Oberentfelden	718	304	9	202	180	21	2
Unterentfelden	289	88	4	89	93	14	1
Bezirk Zofingen (AG)							
Kölliken	883	387	17	294	175	7	3
Safenwil	601	277	13	168	114	28	1

Im Vergleich mit der Arealstatistik von 1979/1985 (BFS 1985) haben sich die Flächen nur sehr gering verändert. Die Waldfläche ist leicht zurückgegangen (minus 100 ha), ebenso die Fläche für Obst-, Reb- und Gartenbau (minus 100 ha). Auf der anderen Seite haben die Flächen für die landwirtschaftliche Produktion (plus 200 ha) und für die Siedlungen und den Verkehr (plus 150 ha) geringfügig zugenommen. Die Industriefläche hat lediglich um 6 ha zugenommen. Die nächste Arealstatistik wird den Zeitraum 2004/2009 erfassen.

3.2.4.2 Obstbaumzählung

Aus der Tabelle 3.2-4 ist die Anzahl der Obstbäume in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort liegen, ersichtlich (BFS 2001). Die Zählung der Obstbäume erfolgt alle 10 Jahre. Seit der letzten Erhebung wurde ein Systemwechsel durchgeführt. Bei den Zählungen 1951 bis 1991 war in jeder Gemeinde ein "Obstbaumzähler" tätig. Dieser erfasste alle auf dem Gemeindegebiet befindlichen Obstbäume. Die letzte und aktuelle Zählung aus dem Jahre 2001 berücksichtigt nur noch Obstbäume, welche auf landwirtschaftlicher Nutzfläche stehen und von Landwirten dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) gemeldet wurden.

Eine vom Bund durchgeführte Schätzung besagt, dass im Kanton Solothurn rund 15 % und im Kanton Aargau rund 30 % aller Obstbäume nicht dem BLW gemeldet sind. Einzelne Gemeinden können jedoch stark vom Mittelwert abweichen. Unter Berücksichtigung dieser Schätzung des Bundes sind seit 1991 im beobachteten Gebiet rund 17'000 Obstbäume verschwunden, dies entspricht etwa der Hälfte aller Obstbäume.

Tabelle 3.2-4 Obstbau in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort KKN liegen

Gemeinde	Obstbäume (Anzahl)
Bezirk Gösgen (SO)	
Lostorf	1'547
Erlinsbach	1'279
Niedergösgen	500
Obergösgen	311
Stüsslingen	1'706
Rohr (SO)	1'095
Trimbach	1'022
Winznau	646
Bezirk Olten (SO)	
Däniken	343
Dulliken	785
Eppenberg-Wöschnau	188
Gretzenbach	656
Olten	437
Schönenwerd	40
Starrkirch-Wil	214
Walterswil	752
Bezirk Aarau (AG)	
Erlinsbach	1'496
Oberentfelden	376
Unterentfelden	83
Bezirk Zofingen (AG)	
Kölliken	868
Safenwil	579

3.2.4.3 Nutztierbestände

Die Tabelle 3.2-5 zeigt den Nutztierbestand der Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 10 km um den Standort liegen. Die Daten stammen aus der landwirtschaftlichen Betriebszählung 2005 (BFS 2005b). Die nächste, offizielle landwirtschaftliche Betriebszählung findet 2010 statt.

Allgemein kann gegenüber früher eine Abnahme der Viehwirtschaft festgestellt werden. Es findet eine Spezialisierung, also eine Konzentrierung der Bestände auf weniger Betriebe, statt. Gleichzeitig hat in den letzten Jahren die Rindfleischproduktion auf der Basis von Rohfutter zugenommen. Viele Landwirte betreiben heute keine Milchwirtschaft mehr, halten jedoch weiterhin Rindvieh zur Fleischproduktion (Mutterkuhhaltung) sowie auch zur Bewirtschaftung von nicht ackerbarem Landwirtschaftsland. In den berücksichtigten Gemeinden hat im Jahre 2005 in 12 Gemeinden die Rinderhaltung zugenommen und in 41 Gemeinden abgenommen.

Tabelle 3.2-5 Nutztierbestände (Anzahl Tiere) im Umkreis von 10 km um den Standort KKN

Gemeinde	Rindvieh-Gesamtbestand	Kuhbestand	Schweinebestand	Hühnerbestand
Bezirk Gösgen (SO)				
Hauenstein-Ifenthal	445	171	104	230
Kienberg	729	287	740	4096
Lostorf	435	174	9	197
Erlinsbach	362	186	130	123
Niedergösgen	124	78	342	11'072
Obergösgen	251	84	53	170
Stüsslingen	433	181	1'206	15'477
Rohr (SO)	194	54	20	4
Trimbach	417	205	2	75
Winznau	280	147	411	190
Wisen	356	198	0	110
Bezirk Olten (SO)				
Däniken	233	90	273	182
Dulliken	388	154	0	246
Eppenber-Wöschnau	75	40	380	34
Gretzenbach	189	90	2'206	200
Hägendorf	576	262	0	254
Kappel	154	59	0	135
Olten	88	46	82	138
Rickenbach	115	51	0	100
Schönenwerd	27	13	0	35
Starrkirch-Wil	12	5	0	30
Walterswil	572	122	1'559	12'290
Wangen b. Olten	173	94	0	544

Sicherheitsbericht für das KKN -3.2 Geographie und Bevölkerungsverteilung-

Gemeinde	Rindvieh- Gesamtbestand	Kuh- bestand	Schweine- bestand	Hühner- bestand
Bezirk Sissach (BL)				
Anwil	370	204	490	102
Häfelfingen	332	185	191	139
Kilchberg (BL)	116	38	0	41
Läufelfingen	554	227	258	2'243
Oltingen	571	231	88	182
Rünenberg	246	156	0	80
Wenslingen	431	184	332	196
Zeglingen	696	296	0	156
Bezirk Aarau (AG)				
Aarau	106	57	159	15
Biberstein	221	73	0	63
Buchs	29	14	135	30
Erlinsbach	529	237	283	181
Gränichen	381	174	283	181
Hirschthal	103	71	5	52
Küttigen	237	118	1'128	169
Muhen	424	247	2'964	215
Oberentfelden	293	86	108	178
Rohr (AG)	178	28	0	22
Suhr	256	81	567	11'094
Unterentfelden	0	0	216	0
Oberhof	726	319	1'372	5'788
Bezirk Kulm (AG)				
Schöftland	110	63	240	193
Bezirk Zofingen (AG)				
Aarburg	90	63	0	185
Bottenwil	343	95	10	79
Kölliken	328	183	121	225
Oftringen	1247	521	209	6'570
Rothrist	519	290	321	825
Safenwil	484	130	134	133
Uerkheim	816	238	1357	202
Zofingen	421	193	246	456
Strengelbach	321	178	133	2421
Staffelbach	820	338	1'327	155

3.2.4.4 Milchproduktion

Aus Tabelle 3.2-6 ist die verkaufte Menge Milch pro Jahr aller Milchproduzenten in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 10 km um den Standort liegen, ersichtlich (TSM 2007).

Die Milch, welche direkt bei den Landwirten (z. B. für die Kälbermast) verarbeitet wird, ist hier nicht berücksichtigt. Mit der Liberalisierung des Milchmarktes konnte in den letzten Jahren eine rege Verschiebung der Milchproduktion beobachtet werden. Die Gesamtmenge Milch hat sich nicht verändert, jedoch produzieren heute weniger Landwirte diese Milch.

Tabelle 3.2-6 Milchproduktion (gelieferte Milch in Tonnen pro Jahr) im Umkreis von 10 km um den Standort KKN (TSM 2007)

Gemeinde	Milchproduktion
Bezirk Gösgen (SO)	
Hauenstein-Ifenthal	305
Kienberg	1'210
Lostorf	669
Erlinsbach	1'100
Niedergösgen	277
Obergösgen	383
Stüsslingen	1'032
Rohr (SO)	232
Trimbach	466
Winznau	624
Wisnau	715
Bezirk Olten (SO)	
Däniken	479
Dulliken	448
Eppenberg-Wöschnau	142
Gretzenbach	357
Hägendorf	1'167
Kappel	341
Olten	154
Rickenbach	220
Schönenwerd	0
Starrkirch-Wil	0
Walterswil	826
Wangen b. Olten	511

Gemeinde	Milchproduktion
Bezirk Sissach (BL)	
Anwil	1'134
Häfelfingen	355
Kilchberg	142
Läufelfingen	1'253
Oltingen	937
Rünenberg	720
Wenslingen	981
Zeglingen	1'174
Bezirk Aarau (AG)	
Aarau	645
Biberstein	160
Buchs	63
Erlinsbach	1'010
Gränichen	1'052
Hirschthal	355
Küttigen	688
Muhen	1'418
Oberentfelden	368
Rohr	63
Suhr	295
Unterenfelden	0
Oberhof	956
Bezirk Kulm (AG)	
Schöffland	375
Bezirk Zofingen (AG)	
Aarburg	440
Bottenwil	665
Kölliken	813
Oftringen	2'449
Rothrist	859
Safenwil	484
Uerkheim	992
Zofingen (inkl. Mühlethal und Strengelbach)	583
Staffelbach	1'123

3.2.5 Bewertung der Angaben

3.2.5.1 Besiedlung

Die Bevölkerungsverteilung um das KKN wurde gemäss den neuesten verfügbaren Daten ermittelt. Gegenüber dem Stand vom 2002 zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme der Bevölkerungszahlen. Es sind aber in der näheren Umgebung des KKN keine neuen Siedlungszentren, Spitäler, Heime, Schulen etc. zu verzeichnen.

Die Bevölkerungsverteilung um den Standort mit Angabe der Einrichtungen, in denen sich relativ viele Personen aufhalten können wie Schulen, Spitäler, Heilanstalten, Altersheimen und Betriebsstätten, wie sie in Tabelle 3.2-1 und Tabelle 3.2-2 dargestellt ist, ist von Bedeutung für die Beurteilung des Ausgangszustandes im Umweltverträglichkeitsbericht (KKN 2008c) und im Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung (KKN 2008b). Zusammen mit der Verkehrsanbindung (Kapitel 3.3) und den Ausbreitungsbedingungen in der Atmosphäre (Kapitel 3.4) ist sie auch wichtig für die Beurteilung der Machbarkeit der Notfallplanung. Diese wird in Kapitel 3.2.7 behandelt. Bei den für KKN in Frage kommenden Reaktoranlagen der 3. Generation werden die radioaktiven Freisetzungen selbst bei schweren Störfällen eng begrenzt, so dass sich die Auswirkungen auf die unmittelbare Nahzone beschränken würden. Bereits bei den heutigen Kernkraftwerken in der Schweiz ist die anlageninterne Vorsorge gegen Störfälle mit Auswirkungen auf die Umgebung auf einem sehr hohen Stand. Trotzdem wurde mit der Planung von Notfallmassnahmen in der Umgebung der Anlagen eine weitere Schutzbarriere geschaffen, auf die auch bei anderen Störfällen (Naturkatastrophen, Chemieunfälle, Satellitenabsturz etc.) zurückgegriffen werden kann.

3.2.5.2 Landnutzung

Bereits bei den bestehenden schweizerischen Kernkraftwerken ist es sehr unwahrscheinlich und bei Anlagen der 3. Generation weitgehend ausgeschlossen, dass Störfälle in der Anlage Massnahmen zur Einschränkung des Konsums von Lebensmitteln erfordern würden.

Nach einem Störfall mit Aktivitätsfreisetzung würden gleichwohl die in der Umgebung der Anlage produzierten Lebensmittel daraufhin kontrolliert, ob sie zum Konsum freigegeben oder allenfalls dem Konsum entzogen werden müssten.

3.2.6 Ausblick

3.2.6.1 Besiedlung

Bevölkerungsentwicklung gemäss Bundesamt für Statistik (BFS)

Die vom BFS prognostizierte Bevölkerungsentwicklung für den Zeitraum 2005 - 2050 (BFS 2007) geht für die im Umkreis von 10 km betroffenen Kantone Solothurn, Aargau und Basel-Landschaft von den in Tabelle 3.2-7 aufgeführten Szenarien aus. Gemäss mittlerem Szenario wächst die Bevölkerung im Zeitraum 2010 - 2050 im Kanton Solothurn um ca. 2 % und im Kanton Aargau um ca. 6 %. Im Kanton Basel-Landschaft bleibt die Bevölkerung über diesen Zeitraum gemäss mittlerem Szenario konstant.

Tabelle 3.2-7 Ständige Wohnbevölkerung nach den drei Grundscenarien (in 1'000)

Kanton Solothurn									
Szenario	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mittleres	252.4	255.9	259.1	261.6	263.1	263.3	262.3	260.2	257.5
Hohes	254.3	260.3	267.1	273.9	280.0	285.3	290.0	293.8	296.9
Tiefes	251.1	252.6	251.7	249.5	246.2	241.5	235.2	227.7	219.6
Kanton Aargau									
Szenario	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mittleres	589.6	606.7	619.4	629.0	635.3	637.7	636.7	633.0	627.1
Hohes	596.6	623.5	648.2	670.7	690.4	707.0	720.8	732.2	741.5
Tiefes	582.0	588.5	588.9	585.5	578.4	567.3	552.6	535.3	516.5
Kanton Basel-Landschaft									
Szenario	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mittleres	268.9	271.7	273.9	275.2	275.7	275.0	273.7	271.6	269.0
Hohes	272.8	280.7	289.0	296.5	303.1	308.7	313.8	318.5	322.6
Tiefes	264.5	261.6	257.8	253.2	247.6	241.1	233.6	225.4	217.0

Bevölkerungsentwicklung für Gemeinden im Kanton Solothurn

Eine im Jahr 2005 durch den Kanton Solothurn (zusammen mit den Kantonen Basel-Landschaft und Basel-Stadt) erarbeitete Bevölkerungsprognose bis ins Jahr 2030 (Kanton SO 2005) weist für die im Umkreis von 10 km um den Standort KKN liegenden Gemeinden (Bezirke Gösgen, Olten) eine durchschnittliche Zunahme von knapp 5 % gegenüber dem Stand von 2008 auf. Diese Prognosen unterscheiden sich jedoch von Gemeinde zu Gemeinde sehr stark (vgl. Tabelle 3.2-8). Während die Gemeinden Hägendorf, Olten und Starrkirch-Wil eine Zunahme von 10 % und mehr aufweisen, ist für die Gemeinden Hauenstein-Ilfenthal, Kienberg, Rohr, Winznau und Wisen ein Bevölkerungsrückgang von über 10 % prognostiziert.

Tabelle 3.2-8 Bevölkerungsentwicklung (Prognose) der Solothurner Gemeinden im Umkreis von 10 km um den Standort KKN

Gemeinde	Kategorie	Wohnbevölkerung		
		Stand 2008	Prognose 2030*	Veränderung in %
Däniken	2	2'892	3'082	6.6
Dulliken	2	4'779	4'718	-1.3
Eppenberg-Wöschnau	4	326	327	0.5
Gretzenbach	2	2'450	2'424	-1.0
Hägendorf	2	4'432	4'866	9.8
Hauenstein-Ilfenthal	6	267	220	-17.8
Kappel	2	2'814	2'991	6.3
Kienberg	6	510	421	-17.4
Lostorf	4	3'778	4'038	6.9
Niedererlinsbach	2	2'216	2'253	1.7
Niedergösgen	2	3'756	3'887	3.5
Obererlinsbach	4	687	637	-7.4
Obergösgen	4	2'124	2'153	1.4
Olten	1	17'032	19'547	14.8
Rickenbach	2	896	881	-1.7
Rohr	6	88	72	-18.1
Schönenwerd	2	4'793	5'141	7.3
Starrkirch-Wil	2	1'521	1'709	12.4
Stüsslingen	4	1'022	1'012	-1.0
Trimbach	2	6'294	6'278	-0.3
Walterswil	6	705	715	1.4
Wangen b/O	2	4'598	4'478	-2.6
Winznau	4	1'599	1'324	-17.2
Wisen	6	384	291	-24.3

* Legende

1: Zentrumsgemeinde

2: Entwicklungsgemeinde in Zentrumsnähe

3: weitere Entwicklungsgemeinde

4: Wohngemeinde

5: Stützpunktgemeinde

6: ländliche Gemeinde

Bevölkerungsentwicklung für Bezirke im Kanton Aargau

Gemäss Angaben des statistischen Amtes des Kantones Aargau wird im Zeitraum 2005-2030 folgende Bevölkerungsentwicklung für die im Umkreis von 10 km um den Standort KKN tangierten Bezirke des Kantones Aargau prognostiziert (Kanton AG 2003).

- Bezirk Aarau: + 18.3 %
- Bezirk Kulm + 0.5 %
- Bezirk Zofingen + 8.5 %

Weiterführende Angaben zur Bevölkerungsentwicklung sind im Raumplanungsbericht (KKN 2008b) enthalten.

Die Entwicklung der Bevölkerungszahlen und -dichte beeinträchtigt die Eignung des Standortes KKN nicht.

3.2.6.2 Landnutzung

Mit der Arealstatistik 2004/2009 und der nächsten Obstbaumzählung im Jahre 2011 wird sich zeigen, ob die im Kapitel 0 aufgezeigten Tendenzen weitergehen. Die Entwicklungen in der Landnutzung haben keinen Einfluss auf die Eignung des Standortes KKN.

3.2.7 Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung von KKN

Die Beurteilung der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung von KKN ist im Fachbericht (AF-Colenco 2009a) dargestellt. Die Ergebnisse dieser Beurteilung werden nachfolgend zusammengefasst.

3.2.7.1 Notfallschutz im Gesuch um eine Rahmenbewilligung

Aus dem Kernenergiegesetz (KEG 2003) lässt sich ableiten, dass Notfallschutzaspekte im Rahmenbewilligungsgesuch nur soweit zu behandeln sind, wie sie Standorteigenschaften betreffen, die für den Notfallschutz ausserhalb der Anlage von Bedeutung sein könnten.

3.2.7.2 Grundlagen für den Notfallschutz

Das Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (BZG 2002), die Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR 2007) und die Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (Notfallschutzverordnung 1983) weisen den Kantonen die Hauptaufgaben für die Planung und Durchführung von Notfallschutzmassnahmen zu. Die Hauptaufgabe der Betreiber liegt im anlageninternen Notfallmanagement und der Sicherstellung der Information an alle externen Beteiligten.

Im Anhang der (VEOR 2007) wird als Grundlage für die Anordnung von Schutzmassnahmen das Dosis-Massnahmen-Konzept (DMK) angegeben. Darin werden als Schutzmassnahmen genannt: der Aufenthalt im Haus, resp. Keller/Schutzraum (vertikale Evakuierung), die Einnahme von Iodtabletten und eine (horizontale) Evakuierung "sofern geschützter Aufenthalt ungenügend oder nicht länger möglich/zumutbar" (d.h. eine spätere, geplante Evakuierung). In einem Kommissionspapier KomABC 2006) wurde neuerdings auch die Option einer vorsorglichen horizontalen Evakuierung ins Spiel gebracht. Gegen diese "vorsorgliche" Variante ergeben sich aus der Fachliteratur gewichtige Vorbehalte - trotzdem werden hier beide Arten der Evakuierung betrachtet. Dabei sind die folgenden Hinweise von Bedeutung:

- In der Schweiz ist der Aufenthalt im Haus, resp. im Keller/Schutzraum die wichtigste sofortige Schutzmassnahme (vertikale Evakuierung), weil die Häuser generell massiv gebaut und unterkellert sind sowie wegen der grossen Zahl von privaten und öffentlichen Schutzräumen. Aus diesen Gründen ist in der Schweiz die vertikale Evaluation überall machbar.
- In den USA basiert die Notfallplanung auf der raschen horizontalen Evakuierung, dies wegen der meist leichten Bauweise der Häuser und des Fehlens von Kellern und Schutzräumen.
- In der Schweiz stützt sich die Notfallplanung auf repräsentative Szenarien, sog. Referenzszenarien (HSK 2006). Diese wurden im Laufe der Zeit den Erkenntnissen über Unfallabläufe und dem Stand der Technik in den Kernkraftwerken angepasst. Das massgebliche Szenario bezieht sich auf eine teilweise Kernschmelze mit einer nur eingeschränkten Funktion des Containments. Bei Reaktoren der 3. Generation wird auf Vermeidung von solchen schweren Störfällen und auf Schutzmassnahmen innerhalb der Anlage besonders Gewicht gelegt.

3.2.7.3 Anlagenspezifische Voraussetzung für die Notfallplanung für das KKN

Entsprechend der heutigen Gesetzgebung wird der Reaktor eine Kernschadenshäufigkeit von unter 10^{-5} pro Jahr aufweisen und bei Störfällen der Kategorie 3 (Eintrittshäufigkeiten von 10^{-4} bis 10^{-6} pro Jahr) den Grenzwert von 100 mSv in der Umgebung einhalten (UVEK 2009). Gemäss Kapitel 2.3.2.2 wird dieser Grenzwert sogar deutlich unterschritten. Zu diesem Zweck werden in der Ausschreibung Schranken für die Folgen schwerer Unfälle verlangt, z. B. in Anlehnung an die Spezifikationen der finnischen TVO für das KKW Olkiluoto 3 (Begrenzung der Cs-137 Emissionen) oder an die Standards der europäischen Betreiber (keine Sofort- oder Langzeitmassnahmen ausserhalb eines Abstands von 800 m vom Reaktor).

Kernkraftwerke der 3. Generation können solche Anforderungen dank der konsequenten Umsetzung von jahrzehntelangen Betriebserfahrungen und Resultaten der Sicherheitsforschung und Sicherheitsentwicklung erfüllen. Damit können nicht nur die Wahrscheinlichkeiten von Störfällen, sondern auch deren Auswirkungen markant vermindert werden. So werden Störfälle mit Potential für eine Containment-Beschädigung vermieden, trotzdem wird bei der Auslegung das Containment gezielt verstärkt. Die Wahrscheinlichkeit für eine Kernschmelze wird minimiert, trotzdem werden Massnahmen zur Kühlung der Schmelze unter Aufrechterhaltung der Containmentfunktion getroffen.

Aus diesen Darlegungen ergibt sich, dass die für die Notfallplanung massgeblichen Freisetzungen von KKN geringer sein werden als derzeit mittels Referenzszenarien für die bestehenden Anlagen festgelegt - auch unter Berücksichtigung der (je nach der noch zu wählenden Leistungsklasse) bis zu fast doppelt so hohen thermischen Leistung.

Für die Beurteilung der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung von KKN für das Rahmenbewilligungsgesuch kann die Zone 1 des KKG (Abbildung 3.2-5) auch als Massstab für KKN angenommen werden. Demzufolge wird für die nachfolgenden Betrachtungen die Zone 1 des KKG als abdeckend für KKN betrachtet (Gemeinden Däniken, Dulliken, Erlinsbach, Gretzenbach, Lostorf, Niedergösgen, Obergösgen, Rohr, Schönenwerd, Stüsslingen und Winznau, alle im Kanton Solothurn).

3.2.7.4 Machbarkeit von Evakuationsmassnahmen am Standort KKN

Wie vorgängig erläutert, ist die Machbarkeit einer vertikalen Evakuation am Standort KKN gegeben. Auch für eine evtl. horizontale Evakuation ist der Standort aufgrund der guten Verkehrsanbindungen geeignet (Abbildung 3.2-5), auch in Relation zu den Hauptwindrichtungen WSW/ONO (Kapitel 3.4):

- In der Nähe des Standortes sind alle Ortschaften von mehr als einer Seite her erschlossen, d.h. es gibt keine Ortschaften, die nur mit einer Stichstrasse mit dem Verkehrsnetz verbunden sind.
- Die Kantonsstrassen Olten - Aarau und Olten - Schönenwerd führen südlich, resp. nördlich am Standort vorbei, liegen teilweise in der Zone 1 und ermöglichen ein rasches Verlassen dieser Zone. Querverbindungen innerhalb der Zone 1 unterstützen dieses rasche Verlassen.
- Leistungsfähige Querverbindungen befinden sich ausserhalb der Zone 1 (Olten - Rothrist, Aarau - Oberentfelden).
- Die Autobahn A1 (Bern - Zürich) liegt in rund 5 km Entfernung südlich des Standortes ausserhalb der Zone 1.

Sowohl die Autobahn als auch die Kantonsstrassen verlaufen ungefähr in den Hauptwindrichtungen WSW/ONO. Zusammen mit den bestehenden Querverbindungen wird dadurch die Zu- resp. Wegfahrt zum/vom Standort und zu/von einem möglicherweise von einem Störfall betroffenen Teilgebiet der Zone 1 erleichtert (Fahrt in Gegen- oder Querrichtung).

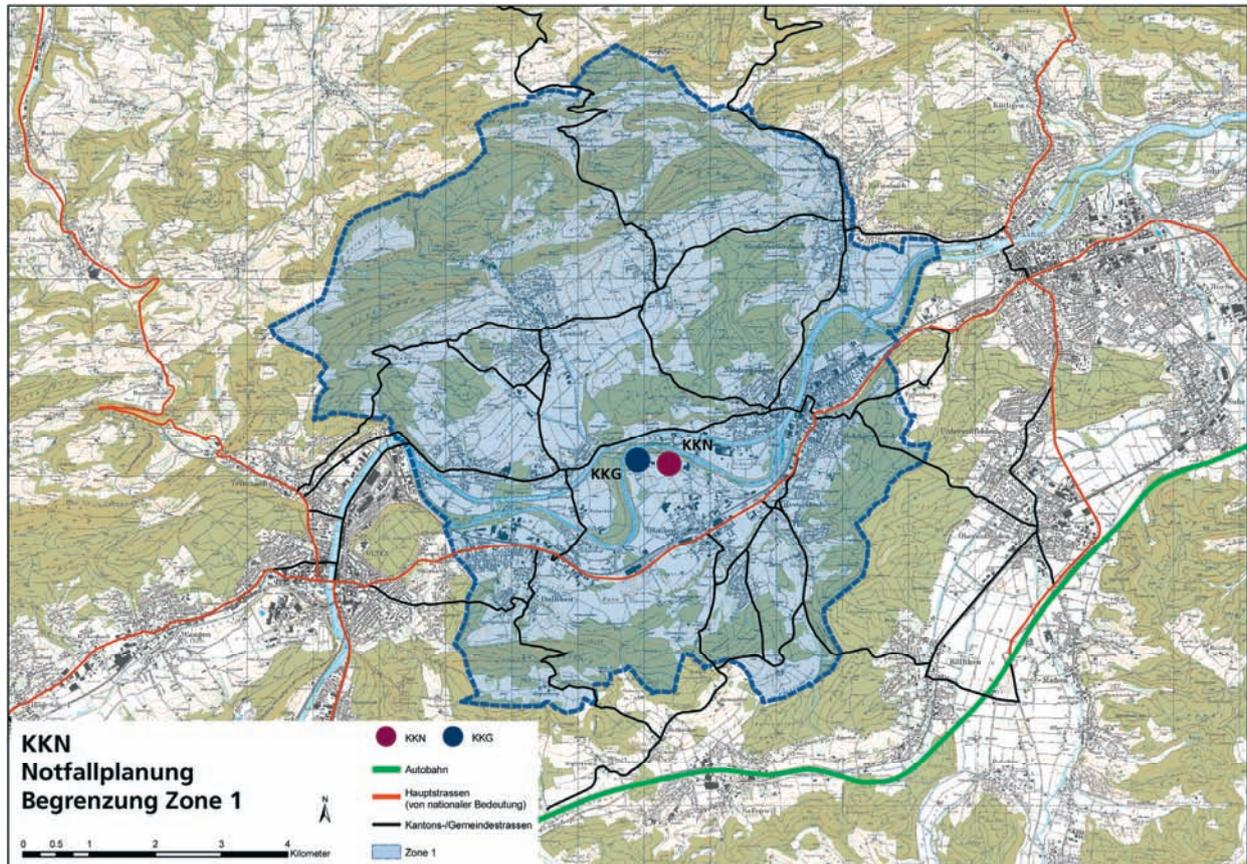


Abbildung 3.2-5 Verkehrsanbindungen in der Zone 1 und der näheren Umgebung von KKN

3.2.7.5 Bewertung

Zusammenfassend kann der Standort KKN auch bezüglich der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen als geeignet bezeichnet werden.

Die Machbarkeit beruht im Wesentlichen auf folgenden Fakten:

- Die Zone 1 des KKG umschliesst die Zone 1 des KKN mit genügender Marge.
- Die Notfallplanung des KKG erfüllt alle in der Schweiz derzeit festgelegten Anforderungen.
- Im Vergleich zum Standort KKG gibt es für KKN keine wesentlichen Änderungen der Standorteigenschaften (Bevölkerung, Infrastrukturen).
- Die Verkehrsanbindungen erweisen sich als günstig

Bei der Auslegung von KKN als Anlage der 3. Generation wird auf Vermeidung von schweren Störfällen und auf Schutzmassnahmen innerhalb der Anlage gegen solche besonderes Gewicht gelegt. Dadurch sollten sich die Notfallschutzmassnahmen vereinfachen lassen.

3.3 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder

3.3.1 Beschreibung der Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen und Wälder

3.3.1.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Verkehrswege (inkl. für den Luftverkehr), die Rohrleitungsanlagen und die Wälder in der Umgebung des Standortes KKN beschrieben. Ausgehend von diesen Beschreibungen werden im Kapitel 3.3.2 die Einwirkungen auf KKN bei Störfällen in der Nachbarschaft behandelt.

Da die Störfallverordnung gemäss Art. 9 (StFV 1991) keine aktive, vorsorgliche Information der Öffentlichkeit durch die Vollzugsbehörde vorsieht und Geheimhaltungspflichten in jedem Fall vorbehalten sind (insbesondere Schutz von Produktions- und Geschäftsgeheimnissen), sind Beschreibungen der Betriebe und der darin gehandhabten Stoffmengen durch die Gesuchstellerin, soweit sie für diese überhaupt zugänglich sind, nicht ohne weiteres zulässig. Im Kapitel 3.3.2.5 sind die Ausführungen zu den Betrieben und den Stoffmengen deshalb anonymisiert. Für die Sicherstellung einer fundierten Standortbewertung hinsichtlich der Einwirkungen aus Betrieben in der Umgebung von KKN hat die Gesuchstellerin einen vertraulichen Fachbericht zu Handen der Behörden verfasst (AF-Colenco 2009b).

Informationen über allfällig vorhandene Militäranlagen in der Umgebung des Standortes KKN sind aus Geheimhaltungsgründen für die Gesuchstellerin nicht zugänglich. Dasselbe gilt für allfällige Bahn- und Strassentransporte von Munition.

Die Berücksichtigung von allfälligen Militäranlagen und Munitionstransporten kann demzufolge nur behördenintern erfolgen.

3.3.1.2 Eisenbahnanlagen

Etwa 1'000 m südlich des Hauptareales von KKN verläuft in nordöstlicher Richtung die Eisenbahnstrecke Olten Ost - Aarau. Sie wird auch für Gefahrguttransporte genutzt. Als Gefahrguttransporte gelten die entsprechend den schweizerischen Bestimmungen und internationalen Übereinkommen (ADR/RID 2009) durchgeführten Transporte gefährlicher Güter.

Ein von den SBB evaluierter Rangierbahnhof Däniken (auch als RB Niederamt bekannt) wurde nie gebaut. Gemäss Information der SBB ist das Projekt in der zweiten Hälfte der 90iger Jahre aufgegeben worden. Enteignete Flächen mussten nach 30 Jahren "nicht Verwendung" auf Wunsch der Eigentümer wieder an diese abgetreten werden. Somit wird dieser überregionale Rangierbahnhof auch in Zukunft nicht gebaut werden.

Dagegen befindet sich südwestlich des Bahnhofes Däniken rund 1'100 m südlich des Hauptareales KKN der regionale Rangierbahnhof Däniken/Olten, der seit rund 25 Jahren in Betrieb ist und weiterhin benutzt wird.

Das Projektareal KKN ist zusammen mit dem bestehenden Kernkraftwerk Gösgen und weiteren Industrieanlagen über ein Industriestammgleis vom Bahnhof Däniken her an die Bahnlinie Olten Ost - Aarau angeschlossen (Abbildung 3.3-1).

3.3.1.3 Durchgangsstrassen

Die Hauptstrassen in Standortnähe sind die Kantonsstrasse Olten - Aarau (Hauptstrasse Nr. 5, Durchgangsstrassenverordnung 1991), ca. 1'150 bis 1'250 m südlich des Hauptareales von KKN und die Kantonsstrasse Olten - Schönenwerd (Hauptstrasse Nr. 265, Durchgangsstrassenverordnung 1991), ca. 400 m nördlich des Hauptareales (Abbildung 3.3-1). Beide Kantonsstrassen werden auch für Gefahrguttransporte verwendet.

Die Zufahrt (Kraftwerkstrasse) zum Gelände des bestehenden Kernkraftwerkes Gösgen zweigt von der Güterstrasse ab, welche das Aarefeld erschliesst. Die Güterstrasse ist 1 km westlich von Däniken über die Hogenweidstrasse sowie östlich auf dem Gemeindegebiet von Gretzenbach an die Kantonsstrasse Olten - Aarau angebunden. Eine weitere Zufahrtsmöglichkeit von der Kantonsstrasse zur Güterstrasse besteht in unmittelbarer Nähe des SBB-Bahnhofes Däniken. Von der Kantonsstrasse Olten - Schönenwerd, zwischen Obergösgen und Niedergösgen, führt ebenfalls eine Zufahrtstrasse zur Güterstrasse.

Die Erschliessung des Projektareales KKN wird voraussichtlich ebenfalls über die Güterstrasse erfolgen. Die interne Strassenführung im Projektareal wird im Rahmen der konkreten Bauplanung festgelegt.

Das Hauptareal und das Teilareal Nord sind heute über eine Brücke nördlich des Firmengeländes von Cartaseta-Friedrich + Co miteinander verbunden. Diese Verkehrsverbindung kann einspurig von Schienen- oder Strassenfahrzeugen benutzt werden und ist derzeit nicht für schwere Nutzfahrzeuge befahrbar. Es ist vorgesehen, diese Brücke für Schienen- und Strassenschwertransporte umzubauen oder durch eine neue am selben Standort zu ersetzen.

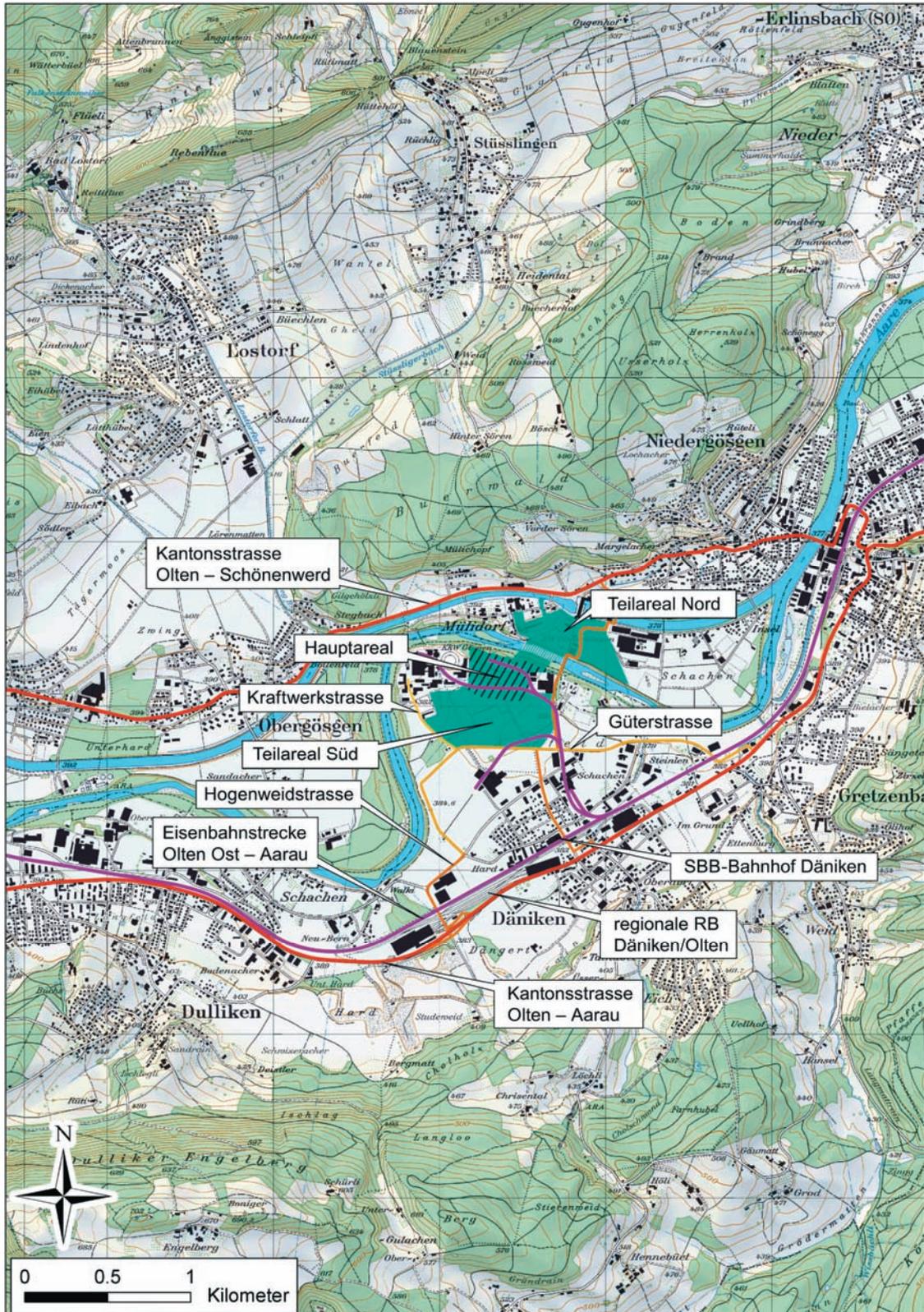


Abbildung 3.3-1 Karte der Region um den Standort KKN mit den Hauptverkehrswegen

3.3.1.4 Luftverkehr

Verkehrsflugzeuge

Verkehrsflugzeuge sind hier Flugzeuge mit einem Startgewicht über 5.7 t. Das Projektareal KKN liegt, bei Berücksichtigung eines Umkreises von 50 km, im Einflussbereich des An- und Abflugverkehrs der Flughäfen Zürich und Basel, der zum weit überwiegenden Teil mit Verkehrsflugzeugen durchgeführt wird. Im Jahr 2008 haben in Zürich 255'681 und in Basel 81'124¹ Flugbewegungen stattgefunden. Der Flughafen Zürich befindet sich rund 45 km vom Projektareal KKN entfernt. Damit liegt das Projektareal am Rand des Nahkontrollbezirkes (TMA²) des Flughafens Zürich. Der Flughafen Basel Mulhouse liegt in 42 km Entfernung. Durch eine Änderung der Luftverkehrsführung im Jahr 1999 finden die Flugbewegungen in Basel hauptsächlich nördlich des Flughafens über französischem Gebiet statt. Die Mehrheit der Flugzeuge von und nach Basel Mulhouse überfliegt also nicht das betreffende Gebiet um das Projektareal KKN.

Der von Verkehrsflugzeugen zu benutzende Luftraum ist strukturiert und wird von Skyguide als Flugsicherungsdienst betreut. Der Verkehr erfolgt auf festgelegten Routen und wird ständig überwacht und aktiv beeinflusst, wozu Verkehrsflugzeuge über Einrichtungen zum Instrumentenflug verfügen.

Ausgewiesene Lufträume, Sperr- und Gefahrenzonen sind in der Luftfahrtkarte ICAO der Schweiz verzeichnet, welche jährlich aufgrund internationaler Luftfahrtsabkommen durch Skyguide aktualisiert wird. Für den Flugsicherungsdienst Skyguide besteht die Weisung sicherzustellen, dass Verkehrsflugzeuge in einem Radius von 1.5 km um Kernkraftwerke eine Mindestflughöhe von 1'000 m über Grund einhalten.

Leichtflugzeuge

Der Verkehr von Leichtflugzeugen findet überwiegend im unteren Teil des Luftraumes statt. Dieser besteht im Mittelland aus den Lufträumen C, E und G. Der Luftraum G erstreckt sich vom Boden bis 600 m über Grund und wird nicht kontrolliert. Dort wird nach den Regeln des Sichtfluges geflogen, wobei ein minimaler Terrainabstand von 150 m über unbesiedeltem und 300 m über besiedeltem Gebiet einzuhalten ist. Der Luftraum E schliesst oben an den Luftraum G an und reicht im Mittelland bis 3'050 m über Grund. Er wird kontrolliert, kann jedoch frei befliegen werden. Oberhalb schliesst sich der kontrollierte Luftraum C an, der nur nach Bewilligung befliegen werden darf.

¹ Von diesen Flugbewegungen sind 29'111 Bewegungen über Schweizer Gebiet erfolgt. Alle übrigen Bewegungen sind über französisches Gebiet erfolgt.

² TMA, Terminal Manœuvring Area: definierter Luftraum um einen Flughafen, in dem hauptsächlich An- und Abflüge über festgelegte Routen geleitet werden.

Der Flugverkehr von Leichtflugzeugen um das Projektareal KKN beschränkt sich auf Überflüge, wobei eine Mindestflughöhe von 300 m einzuhalten ist. Das Projektareal KKN befindet sich in einiger Entfernung zu Regionalflugplätzen und Flugfeldern mit nennenswertem Verkehr. Innerhalb eines 50-km-Radius befinden sich die zwei Regionalflugplätze Birrfeld ca. 21 km östlich und Grenchen ca. 47 km westlich des Standortes KKN.

Die Flughäfen Grenchen und Luzern Beromünster ermöglichen einen Anflug nach Instrumentenflugverfahren und besitzen somit einen zugewiesenen kontrollierten Luftraum. Alle übrigen Flugplätze, Flugfelder und Heliports werden nach Sichtflugbedingungen angefliegen.

Eine Zusammenstellung aller Flugfelder innerhalb von 50 km Umkreis, ohne Zürich und Basel, mit Angaben zu der Kategorie und den Flugbewegungen im Jahr 2008 ist in der Tabelle 3.3-1 wiedergegeben. Auf den Flughäfen Zürich und Basel verkehren zum weit überwiegenden Teil Verkehrsflugzeuge.

Tabelle 3.3-1 Bewegungen auf Flugplätzen im 50-km-Radius des KKN (BAZL 2009) ohne Zürich und Basel

Flugplatz	Distanz zum KKN [km]	Kategorie	Flugbewegungen im Jahr 2008
Flugplätze mit Instrumentenflugverfahren			
Luzern Beromünster	25	Flugfeld	10'479
Grenchen	47	Regionalflughafen	74'959
Flugplätze ohne Instrumentenflugverfahren (Sichtflug)			
Olten	7	Segelflugfeld	2'351
Holziken	7	Heliport	224
Pfaffnau	14	Heliport	756
Fricktal-Schupfart	15	Flugfeld	9'118
Triengen	17	Flugfeld	25'548
Birrfeld	21	Regionalflughafen	81'346
Langenthal	22	Flugfeld	16'616
Buttwil	28	Flugfeld	15'998
Würenlingen	29	Heliport	31
Dittingen	40	Flugfeld	6'303
Hausen a. A.	43	Flugfeld	12'569
Haltikon	46	Heliport	685
Gesamttotal			256'983

Aus der Lage dieser Flugplätze zum Standort KKN ergibt sich kein erhöhtes Risiko. Auf den Flugplätzen startende und landende Leichtflugzeuge befinden sich in der Nähe des Standortes KKN in der Reiseflughöhe und nicht in der absturzkritischeren Start- oder Landephase. Der nächste Flugplatz ist in 7 km Entfernung das reine Segelflugfeld Olten. In 10 km Umkreis liegt nur noch der Heliport in Holziken. Der nächste Flugplatz mit Leichtflugzeugverkehr ist das Flugfeld Fricktal-Schupfart in 15 km Entfernung. Hier dürfen nur Flugzeuge mit einer Höchststartmasse bis 3 t verkehren.

Militärflugzeuge

Für Militärflugzeuge besteht ein Überflugs- und Übungsverbot an Standorten von Kernkraftwerken. In der Nähe des Projektareales KKN befinden sich weder ein Militärflugplatz noch ein Schiessplatz für Kampfflugzeuge. Die nächsten beiden Militärflugplätze Emmen und Dübendorf befinden sich jeweils etwas mehr als 50 km entfernt.

3.3.1.5 Betriebe

Das Projektareal KKN (Abbildung 3.3-1) befindet sich gemäss den Nutzungsplänen der betroffenen Gemeinden hauptsächlich in der Industriezone A (Däniken), der Arbeitszone 1 (Gretzenbach) sowie in der EW-Spezialzone und der Gewerbezone (Niedergösgen).

Für die Standortbewertung hinsichtlich Einwirkungen aus Betrieben in der Umgebung der Anlage werden die Betriebe in einem Umkreis von 8 km um den Standort KKN berücksichtigt, die der Störfallverordnung (StFV 1991) unterstellt sind. Die Standorte dieser Betriebe befinden sich in den Kantonen Solothurn und Aargau (Abbildung 3.3-2). Der gewählte Radius von 8 km entspricht den Anforderungen im Regulatory Guide 4.7 der US Nuclear Regulatory Commission (USNRC 1998) und ist schon aufgrund der im Gegensatz zu vielen KKW-Standorten in den USA unebenen Topographie beim Standort KKN mit Sicherheit ausreichend. Die durchgeführten Störfallanalysen zeigen auch, dass nur die Betriebe in einem Umkreis von 3 km von Bedeutung sind, obwohl dabei Schutzeffekte aufgrund der Topographie nicht berücksichtigt wurden (AF-Colenco 2009b).

Gemäss Auskunft der für den Vollzug der Störfallverordnung in den Kantonen Aargau und Solothurn zuständigen Behörden befinden sich im Umkreis von 8 km um den Standort KKN insgesamt 46 Betriebe (plus einer knapp ausserhalb), welche der Störfallverordnung unterstellt sind.

Wie im Kapitel 3.3.1.1 dargestellt, sind hier aus Geheimhaltungsgründen keine Ausführungen zu den Betrieben und den Stoffmengen zulässig.

Im Kapitel 3.3.2.5, in dem die Auswirkungen von Störfällen in den betreffenden Betrieben dargestellt werden, sind die Ausführungen zu den Betrieben und den Stoffmengen anonymisiert.

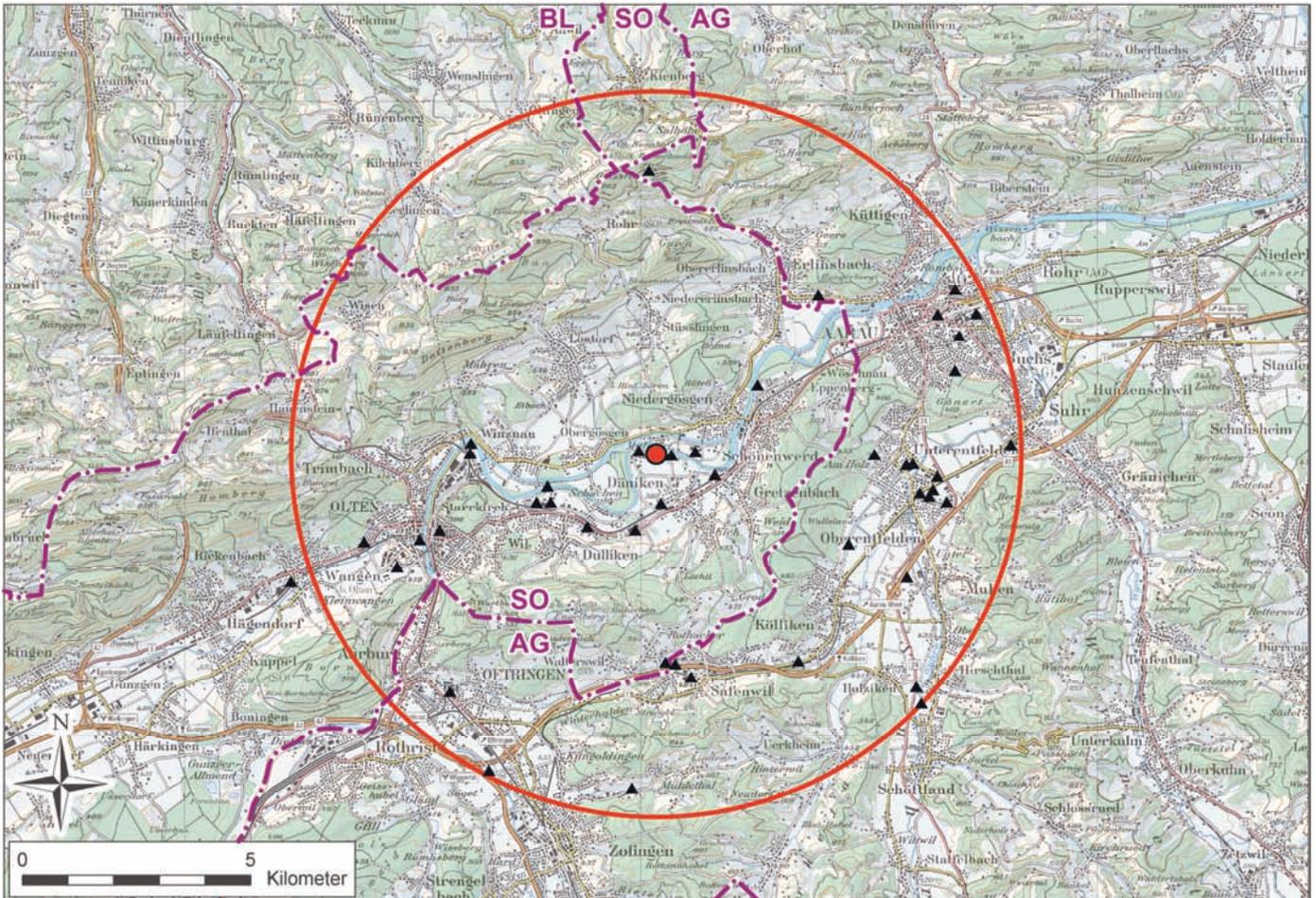


Abbildung 3.3-2 Standorte der StFV-Betriebe im Umkreis von 8 km um den Standort KKN (einzelne Betriebe überlagern sich)

3.3.1.6 Rohrleitungsanlagen

Westlich des Hauptareales von KKN verlaufen zwei parallel geführte Erdgas-Hochdruckleitungen der Transitgas AG, Zürich, die die Gasfelder Nordeuropas mit Italien verbinden (Abbildung 3.3-3). Der minimale Abstand zum Hauptareal beträgt ca. 570 m.

Absperrmöglichkeiten existieren in der Knotenstation Lostorf, wo zu den beiden Leitungen aus Deutschland eine Leitung aus Frankreich hinzustösst und in der Station Däniken. Die Distanz zwischen beiden Stationen beträgt ca. 5.3 km.

Die Rohrwand der neueren Erdgas-Hochdruckleitung (TRG 21) ist in einem Bereich im Abstand bis zu 500 m vom Reaktorgebäude des Kernkraftwerkes Gösgen verstärkt. Dort, wo die Erdüberdeckung weniger als 2 m beträgt, d.h. auf einer Länge von 284 m, sind über beiden Erdgas-Hochdruckleitungen Druckverteilterplatten verlegt.

Gemäss Angaben von Swissgas Zürich (Swissgas 2008) besteht das transportierte Erdgas der Holland-Italien-Leitung zu ca. 90 % aus Methan. Durch beide Leitungen können bei Spitzenbedarf max. 2.8 Mio. Nm³/h fließen.

Die Daten der Erdgas-Hochdruckleitungen sind in der Tabelle 3.3-2 zusammengestellt.

Tabelle 3.3-2 Daten der Erdgas-Hochdruckleitungen westlich des Projektareals KKN

	TRG 11	TRG 21
Baujahr:	1973	1994
Nennweite:	DN 900/36"	DN 900/36"
Betriebsdruck:	Max. 67.5 bar	Max. 67.5 bar
Werkstoff:	X60 (entspricht StE 415.7)	StE 480.7 TM
Wanddicke:	12.7 mm	16.0/19.0 mm
Isolation:	Glasfaserverstärkter Bitumen (5.5 mm)	Polyethylen (3 mm)
Erdedeckung:	Variabel, zwischen 1.5 und 2 m	Variabel, überwiegend 2 m
Druckverteiplatten:	284 m	284 m
Rohrbeschwerung:	-	284 m (in Teilen)



- | | |
|--|--|
|  TRANSITGAS |  Strecken- Nummer |
|  Rohrleitung > 25 bar |  Zollmessstation |
|  Rohrleitung < 25 bar |  Verteilstation |
| |  Kompressorenstation |
| |  Druckreduzier- und Messstation |
| |  Abnahmestation |
| |  Schieber |
| |  Messstelle Kath.-Schutz |

Verlauf der Ferngasleitungen

Abbildung 3.3-3 Erdgas-Hochdruckleitungen in der Region, Quelle: Gasverbund Mittelland AG

3.3.1.7 Wälder

Die Waldgebiete in der nahen Umgebung des Standortes bestehen aus der Uferbestockung rechtsufrig der Alten Aare. Dabei handelt es sich um Auenwald-Komplexe mit Weich- und Hartholzauen. Mit einer Breite von ca. 40 m bis maximal 100 m (nordwestlich des Hauptareales) ist diese Bestockung relativ schmal.

Durch ihre Lage und Exposition an der Aare mit dem dauernd vorhandenen Grundwasservorkommen und einer erhöhten Luftfeuchtigkeit trocknet die Uferbestockung selbst bei extremen Trockenperioden nicht völlig aus. Bei der Hauptbestockung ist stets eine minimale Wasserversorgung aus dem Grundwasser, zumindest durch aufsteigendes Kapillarwasser, sichergestellt. Ein völliges Austrocknen der Uferbestockung ist somit ausgeschlossen.

Die Wälder sind sehr naturnah, sie bestehen fast ausschliesslich aus Laubholz. Nadelholz und vor allem Föhren sind sehr selten. Die Wälder weisen zwar einen relativ hohen Totholz-Anteil auf, jedoch vermodert das liegende Holz rasch. Gut brennbare Laubstreu ist nicht vorhanden. Die vorhandene Strauchschicht bildet keine erhöhte Brandgefährdung (Kaufmann + Bader 2009).

3.3.2 Einwirkungen auf KKN bei Störfällen in der Nachbarschaft

3.3.2.1 Einleitung und Bewertungskriterien

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse von umfangreichen Analysen der Auswirkungen von Störfällen bei den benachbarten Verkehrswegen (inkl. im Luftverkehr), Betrieben und Rohrleitungsanlagen auf KKN sowie die Waldbrandgefährdung zusammengefasst und bewertet. Die kompletten Untersuchungen sind in den Fachberichten (AF-Colenco 2009b, AF-Colenco 2009c und Kaufmann + Bader 2009), zusammengestellt.

In der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) wird unter den externen Ereignissen die Freisetzung von Chemikalien auf dem Anlagengelände erwähnt. Solche Ereignisse sind anlagenspezifisch und werden im Baubewilligungsverfahren behandelt. Die Vermeidung von sicherheitsrelevanten Freisetzungen von Chemikalien auf dem Anlagengelände infolge von Erdbeben wird im Rahmen der Erdbebenklassierung der Gebäude und Systeme im Baubewilligungsverfahren berücksichtigt.

Das Gefahrenpotential beim Transport von Gefahrgut nach/von KKN über Eisenbahn und Strassen wird ebenfalls im Baubewilligungsverfahren untersucht, wenn die Anlage und die anzuliefernden Gefahrgüter, deren Mengen und die Anlieferungsstellen feststehen. Die anzuliefernden Gefahrgüter, deren Mengen und die Anlieferungsstellen von KKN und KKG könnten teilweise zusammengelegt werden.

Beim Austritt von zündfähigen Stoffen aus Bahnkesselwagen, Tanklastwagen, Lagerbehältern (Leitstoff Propan) oder aus Erdgas - Hochdruckleitungen kann eine zeitverzögerte Zündung einer sich in die Umgebung ausbreitenden Gaswolke nicht ausgeschlossen werden. Die Folgen von solchen Ereignissen auf KKN werden im Baubewilligungsverfahren anhand einer Risikoanalyse untersucht, wenn die Anlagen und die Gebäudeanordnung feststehen.

Bewertungskriterien für die Auswirkungen von Explosionen

Bei der Beurteilung der möglichen Folgen von Explosionen werden die Überdruckrichtwerte in der Tabelle 3.3-3 berücksichtigt (Kanton ZH 1992). Die bei der Störfallanalyse ermittelten Überdrücke liegen alle unter 0.1 bar. Richtwerte oberhalb dieses Wertes haben daher rein informativen Charakter. Aus der Beschreibung der Folgen entsprechend den angegebenen Richtwerten ist ersichtlich, dass bei Überdrücken unterhalb von 0.1 bar im Hauptareal eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN in jedem Fall und ohne nähere Untersuchungen ausgeschlossen werden kann.

Tabelle 3.3-3 Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Überdrücken auf Bauten und Anlagen

Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Überdruck auf Bauten und Anlagen	
Überdruck [bar]	Folgen
0.034 - 0.069	Grosse und kleine Fensterscheiben in der Regel zersplittert; gelegentlich Schäden an Fensterrahmen
0.069 - 0.138	Zersplitterung von Wellen eternit, Versagen von Befestigungen für Wellenblech mit anschliessendem Verbeulen; Versagen von Befestigungen für Holzpaneelen mit anschliessendem Bruch
0.138 - 0.207	Nicht armierte Mauer aus Beton oder Schlackenbeton zerbrechen
0.207 - 0.276	Rahmenloser, selbsttragender und aus Stahlblechpaneelen gefertigter Bau zerstört; Bruch von grossen Lagertanks für Öl (keine Druckbehälter)
0.345 - 0.482	Fast vollständige Zerstörung von Häusern
0.482 - 0.55	Abscheren oder Biegen von Mauern, 20 - 30 cm stark (nicht armiert)
0.689	Zerstörung industrieller Bauten. Schwere Schäden an Maschinen (3.5 t) innerhalb von Bauten durch Verschiebung.

Quellstärken und Bewertungskriterien für die Auswirkungen von Bränden

Für die Berechnung der Wärmestromdichte in Funktion der Entfernung sind Angaben zur Quellstärke erforderlich. Es werden die Richtwerte aus der Tabelle 3.3-4 (GCPQRA 1999) berücksichtigt.

Tabelle 3.3-4 Richtwerte zur Quellstärke von Bränden

Richtwerte zur Quellstärke von Bränden	
Bezeichnung	Wert [kW/m²]
Lachenbrand von Kohlenwasserstoffen mit grösserem Anteil von Russ	20 - 60
Lachenbrand von Kohlenwasserstoffen mit geringerem Anteil von Russ	110 - 170
Oberfläche Gaswolkenbrand (Flashfire)	200
Lachenbrand von Flüssiggas (LPG) / Flüssigerdgas (LNG)	250
BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)	350

Bei der Beurteilung der möglichen Folgen von Bränden werden die Richtwerte in der Tabelle 3.3-5 berücksichtigt (Kanton ZH 1992). Die bei der Störfallanalyse ermittelten Wärmestromdichten liegen alle unterhalb von 10 kW/m². Richtwerte oberhalb dieses Wertes haben daher rein informativen Charakter. Aus der Beschreibung von Schadensart und -ausmass entsprechend den angegebenen Richtwerten ist ersichtlich, dass bei Wärmestromdichten unterhalb von 10 kW/m² im Hauptareal eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN in jedem Fall und ohne nähere Untersuchungen ausgeschlossen werden kann.

Tabelle 3.3-5 Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Wärmestrahlung auf Bauten und Anlagen

Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Wärmestrahlung auf Bauten und Anlagen	
Schadensart und -ausmass	Wärmestromdichte [kW/m²]
Zerstörung von Lackschichten auf Holz nach ca. 30 Minuten	2
Zerstörung der Oberfläche von Kunststoffen nach ca. 30 Minuten	3
Zündung von mit Bitumen getränkter Dachpappe bei Flammenkontakt	4.5
Keine Zündung von Holz, Wellpappe, Papier bei unendlich langer Einwirkung (ohne Flammenkontakt)	10
Bersten von Fensterscheiben nach 10 Minuten	12.5
Verformung von Stahlprofilen nach ca. 30 Minuten	30
Selbstentzündung von Holz	36
Schäden an Anlagenteilen aus Stahl	37.5
Versagen von tragenden (ungeschützten) Stahlprofilen nach 20 Minuten Zündung von mit Aluminiumplatten abgedeckten Dachisolationen	100

Bewertungskriterien für die Toxizität von Gasen und Dämpfen

Für die Beurteilung der Toxizität von Gasen und Dämpfen in der Luft werden die nachfolgenden Grenzwerte herangezogen:

Tabelle 3.3-6 Grenzwerte für die Beurteilung der Toxizität von Gasen und Dämpfen

Grenzwerte für die Beurteilung der Toxizität von Gasen und Dämpfen	
Begriff	Definition
MAK Maximale Arbeitsplatz Konzentration (SUVA 2009)	Der MAK-Wert bezieht sich auf die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis zu 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegender Zahl der gesunden am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet.
ERPG-1 (Emergency Response Planning Guidelines) (ERPG 2009)	Die maximale Luft getragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter mehr als leichten, vorübergehenden nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. ohne dass sie einen eindeutig definierten unangenehmen Geruch wahrnehmen
ERPG-2 (Emergency Response Planning Guidelines) (ERPG 2009)	Die maximale Luft getragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. sich solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen können, Schutzmassnahmen zu ergreifen

Nachfolgend sind die MAK-, ERPG-1- und ERPG-2-Werte der in Kapitel 3.3.2.2 bis 3.3.2.5 berücksichtigten Stoffe aufgeführt. Es kann pauschal und ohne nähere Untersuchung angenommen werden, dass bei Stoffkonzentrationen im Hauptareal unterhalb der MAK-, ERPG-1- und ERPG-2-Werte die Anlagensicherheit von KKN nicht beeinträchtigt wird.

Tabelle 3.3-7 MAK-, ERPG-1 und ERPG-2-Werte für ausgewählte Stoffe

MAK-, ERPG-1- und ERPG-2-Werte für ausgewählte Stoffe			
Stoffname	MAK-Wert [ppm]	ERPG-1 Wert [ppm]	ERPG-2 Wert [ppm]
Chlor	0.5	1	3
Wasserstoffperoxid	0.5	10	50
Ammoniak	20	25	150
Chlorwasserstoff	2	3	20

Benutzte Software

Die Berechnungen zu den Auswirkungen von Explosionen, Bränden und Freisetzungen toxischer Gasen und Dämpfen erfolgen mit (SAFER TRACE 2006). Das international anerkannte Rechenprogramm entspricht dem heutigen Stand der Technik.

Eingabeparameter für Ausbreitungsrechnungen

Die Ausbreitungsrechnungen werden für zwei unterschiedliche Windgeschwindigkeiten durchgeführt; es werden die folgenden Parameter verwendet:

Tabelle 3.3-8 Eingabeparameter für Ausbreitungsrechnungen

Eingabeparameter für Ausbreitungsrechnungen		
Parameter	Windstille	Leichte Brise
Windgeschwindigkeit	0.5 m/s	3.3 m/s
Referenzhöhe	10 m	10 m
Umgebungstemperatur	20 °C	20 °C
Stabilität	3 (C)	4 (D)
Sonneneinstrahlung	150 W/m ²	150 W/m ²
Feuchtigkeit	50 %	50 %
Oberflächenrauigkeit	0.1 m	0.1 m

Die getroffenen Annahmen entsprechen den in Risikoermittlungen gemäss Störfallverordnung (StFV 1991) üblichen Ansätzen. Die aus den untersuchten Störfallszenarien ermittelten Einwirkungen beziehen sich in der Regel auf das Zentrum des Hauptareales von KKN, im Freien in einer Höhe von 2 m über Boden. Die Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Bewertungen werden im Baubewilligungsverfahren aufgrund der genauen Gebäudeanordnung verifiziert.

3.3.2.2 Transportunfälle bei Eisenbahnanlagen

Im Rahmen der quantitativen Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn des Bundesamtes für Verkehr (BAV 2004, Ernst Basler + Partner 2007) sind, stellvertretend für die Vielzahl der auf der Bahn transportierten Gefahrgüter, so genannte Leitstoffe definiert.

Diese Leitstoffe sind:

- Benzin (flüssig, leicht brennbar; UN 1203, BENZIN, 3, II)
- Propan (gasförmig, leicht brennbar; UN 1978, PROPAN, 2) und
- Chlor (gasförmig, humantoxisch; UN 1017, CHLOR, 2)

In der erwähnten Risikoanalyse wurde von den maximalen Transportmengen pro Bahnkesselwagen von 60 t für Benzin, 45 t für Propan und 55 t für Chlor ausgegangen. Bei einem Transportunfall unter Beteiligung von mehr als einem Kesselwagen könnte im Extremfall ein Mehrfaches dieser Mengen freigesetzt werden.

Nachfolgend werden Unfälle auf der Eisenbahnstrecke und deren Auswirkungen im Zentrum des Hauptareales von KKN, in 1'000 m Entfernung, dargestellt.

Leitstoff Benzin

Bei einem Lachenbrand mit 60 t Benzin beträgt die Wärmestromdichte (Hitzestrahlung) im Zentrum des Hauptareales 0.005 kW/m^2 . Beim hypothetischen Fall eines Lachenbrands mit 1'500 t Benzin (Zugkomposition, 25 Bahnkesselwagen, Länge 500 m) betrüge die Wärmestromdichte ca. 0.57 kW/m^2 .

Eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN kann ausgeschlossen werden.

Leitstoff Propan

Bei einem heissen BLEVE (Boiling Liquid Expansion Vapour Explosion) mit 45 t Propan und einer Wärmestromdichte von 350 kW/m^2 an der Oberfläche des Feuerballes beträgt die Wärmestromdichte im Zentrum des Hauptareales ca. 2.1 kW/m^2 während einer Dauer von etwa 16 s. Bei einem heissen Konsekutiv-BLEVE (BUWAL 1996a, SBB 2000) aus zwei Bahnkesselwagen beträgt die Wärmestromdichte ebenfalls ca. 2.1 kW/m^2 , während einer Dauer von maximal 32 s. In beiden Fällen beträgt der Überdruck ca. 0.02 bar.

Bei einem Freistrahbrand aus einem Bahnkesselwagen mit 45 t Propan beträgt bei Ausrichtung des Freistrahles parallel zum Boden die Wärmestromdichte 0.02 kW/m^2 .

Bei einer Gaswolkenexplosion im Freien mit 45 t Propan beträgt der Überdruck 0.03 bar.

In allen diesen Fällen kann eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN ausgeschlossen werden.

Leitstoff Chlor

Bei Annahme einer Freisetzung von 55 t Chlor beträgt die Konzentration im Freien in der Abwinddistanz von 1'000 m 890 ppm und liegt damit nahe des Schwellenwertes für letale Gesundheitsschäden von 910 ppm bei einer Expositionszeit von einer Minute.

Chlorgas stellt primär eine Gefährdung für Personen dar. Der Kommandoraum von KKN kann grundsätzlich in einem solchen Fall lüftungstechnisch abgeschottet werden, so dass der weitere Betrieb oder, falls nötig, ein sicheres Abfahren der Anlage gewährleistet ist.

Im Baubewilligungsverfahren soll anhand einer Risikoanalyse untersucht werden, ob Chlorfreisetzungen auf der Eisenbahnstrecke Olten Ost - Aarau dennoch zu unzulässigen Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage führen könnten. Solche Risikoanalysen erfordern genaue Kenntnisse über die Anlage, die heute nicht vorliegen.

Im feuchten Zustand ist Chlorgas extrem korrosiv und könnte kurz- oder mittelfristig Schäden an Bauten und Anlagen verursachen, welche ausserplanmässige Prüf- und Instandsetzungsarbeiten erforderlich machen würden.

3.3.2.3 Transportunfälle auf Durchgangsstrassen

Nachfolgend werden Transportunfälle auf der Kantonsstrasse Olten - Aarau und deren Auswirkungen im Zentrum des Hauptareales von KKN in 1'150 m Entfernung dargestellt.

Bei einem 40 t - Tanklastwagen beträgt die maximale Transportmenge für Benzin ca. 23 t und für Propan ca. 22 t.

Gemäss Anhang 3 der Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR 2002) beträgt das maximal zulässige Nettogewicht für Chlor 1'000 kg pro Transportbehälter. Der Transport erfolgt in Behältnissen mit einem Nettogewicht von 65 kg (Druckflasche) bis maximal 1'000 kg (Rolltank). In der Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter (Ernst Basler + Partner 1999) wird eine unfallbedingte Freisetzung von 2'000 kg Chlor aus zwei Rolltanks mit je 1'000 kg Chlor postuliert.

Die Auswirkungen von Unfällen mit Benzin, Propan oder Chlor aus (Tank-) Lastwagen sind aufgrund der grösseren Distanz der Kantonsstrasse Olten - Aarau zum Zentrum des Hauptareales von KKN und der geringeren Transportmengen durch diejenigen mit Bahnkesselwagen abgedeckt.

Gemäss Aussage des Amtes für Umwelt, Kanton Solothurn ist es unwahrscheinlich, dass auf der Kantonsstrasse Olten - Schönenwerd Lastwagen mit Chlor verkehren, da im Kanton Solothurn dafür keine Abnehmer existieren.

Nachfolgend werden dennoch Transportunfälle mit den maximalen Transportmengen der drei Leitstoffe Benzin, Propan und Chlor auf der Kantonsstrasse Olten - Schönenwerd postuliert und deren Auswirkungen im Hauptareal von KKN in 400 m Entfernung dargestellt.

Leitstoff Benzin

Bei einem Lachenbrand mit 23 t Benzin beträgt die Wärmestromdichte max. 0.03 kW/m^2 . Eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN kann ausgeschlossen werden.

Leitstoff Propan

Bei einem heissen BLEVE mit 22 t Propan und einer Wärmestromdichte von 350 kW/m^2 an der Oberfläche des Feuerballes beträgt die Wärmestromdichte im Zentrum des Hauptareales ca. 8.8 kW/m^2 während einer Dauer von etwa 16 s. Der Überdruck beträgt maximal 0.044 bar.

Bei einem Freistrahlenbrand aus einem Tanklastwagen mit 22 t Propan beträgt bei Ausrichtung des Freistrahles parallel zum Boden die Wärmestromdichte 0.26 kW/m^2 .

Bei einer Gaswolkenexplosion im Freien mit 22 t Propan beträgt der Überdruck 0.07 bar.

In allen diesen Fällen kann eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN ausgeschlossen werden.

Leitstoff Chlor

Bei einem Austritt von 2 t Chlor (Ernst Basler + Partner 1999) beträgt die Konzentration im Freien in der Abwinddistanz von 400 m maximal 1'411 ppm und liegt damit über den Schwellenwert für letale Gesundheitsschäden von 910 ppm bei einer Expositionszeit von einer Minute.

Bei der Risikoanalyse für Chlorfreisetzungen bei Bahnunfällen im Baubewilligungsverfahren werden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Transportaufkommen die Transportunfälle auf Durchgangsstrassen mit einbezogen.

3.3.2.4 Unfälle im Luftverkehr

Gemäss Kernenergieverordnung (KEV 2004) sind gegen Störfälle, die durch den unfallbedingten Absturz von zivilen und militärischen Flugzeugen auf die Anlage ausgelöst werden können, Schutzmassnahmen zu treffen (Art. 8 Abs. 3, KEV 2004).

Die Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) schreibt für die PSA das Vorgehen vor, nach dem die Flugzeugabsturzhäufigkeiten für einen KKW-Standort zu ermitteln sind. Die folgenden Untersuchungen orientieren sich an den Vorgaben dieser Richtlinie.

Die Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes sind vom Typ des Flugzeuges abhängig. In der Richtlinie ENSI-A05 wird zwischen zivilem und militärischem Flugverkehr unterschieden. Weiter werden zivile Flugzeuge in Leichtflugzeuge mit einer Masse unter 5.7 t und Verkehrsflugzeuge mit einer Masse über 5.7 t eingeteilt.

Ermittlung der Absturzhäufigkeiten nach der Richtlinie ENSI-A05

Entsprechend der Unterteilung des Flugverkehrs werden die Absturzhäufigkeiten für Verkehrs-, Militär- und Leichtflugzeuge separat ermittelt. Die detaillierten Berechnungen für alle drei Flugzeugtypen sind in (AF-Colenco 2009c) dargestellt. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

Für Verkehrsflugzeuge sind die Absturzhäufigkeiten für die Flugphasen Start/Landung und Transitflug einzeln ausgewiesen. Berücksichtigt ist der Verkehr der Flughäfen Zürich und Basel mit dem für das Projektareal KKN relevanten Anteil sowie der Transitverkehr in 100 km Umkreis. Hierzu sind detaillierte Auswertungen der Flugdaten für das Jahr 2008 von Skyguide durchgeführt worden. Die Richtlinie ENSI-A05 gibt für die zwei unterschiedlichen Flugphasen Absturzraten vor, die in die Berechnungen einfließen.

Die Absturzhäufigkeit für Militärflugzeuge wird aus der Summe der auf Schweizer Staatsgebiet in den letzten 20 Jahren (1989 - 2008) abgestürzten Militärflugzeuge ermittelt³.

Für die Ermittlung der Absturzhäufigkeit von Leichtflugzeugen sieht die Richtlinie ein analoges Vorgehen wie bei den Militärflugzeugen vor, wobei die Auswertung der Aufzeichnungen der letzten fünf Jahre (2004 - 2008) ausreicht.

³ In der Richtlinie ENSI-A05 ist der Begriff "Militärflugzeug" nicht näher definiert. Im Sinne der potentiellen Auswirkungen eines Absturzes sind hier Strahlflugzeuge berücksichtigt, während die Trainings-Propellermaschinen der Luftwaffe bei den zivilen Leichtflugzeugen mitgezählt werden.

Ergebnisse

Für den Standort KKN ergeben sich für die drei aufgeführten Flugzeugtypen die in der Tabelle 3.3-9 dargestellten flächenbezogenen Absturzhäufigkeiten (pro Quadratkilometer Trefferfläche, siehe ENSI-A05).

Tabelle 3.3-9 Flächenbezogene Absturzhäufigkeit nach Flugzeugtyp (AF-Colenco 2009c)

Flugzeugtyp		Absturzhäufigkeit [1/a/km ²]
Verkehrsflugzeug (> 5.7 t)	Start/Landung	1.19E-05
	Transitflug	1.20E-07
Militärflugzeug		1.30E-05
Leichtflugzeug (< 5.7 t)		2.30E-04

Aus den Zahlen in der Tabelle 3.3-9 lässt sich erkennen, dass die Absturzhäufigkeit für Verkehrsflugzeuge bei Starts und Landungen auf den Flughäfen Zürich und Basel diejenige von Transitflügen um zwei Größenordnungen übersteigt und somit der Transitverkehr in dieser Hinsicht eine untergeordnete Rolle spielt. Nach dem Verfahren in der Richtlinie ENSI-A05 haben die für Militär- und Leichtflugzeuge ermittelten Absturzhäufigkeiten schweizweit Gültigkeit, sodass sich aus der Lage des Projektareales KKN keine Einflüsse ergeben.

Zukünftige Entwicklung

Der kommerzielle Luftverkehr ist starken Schwankungen ausgesetzt. In den Verkehrszahlen lassen sich Ereignisse wie die Anschläge in New York 2001 oder der Ausbruch des Irakkriegs und der Infektionskrankheit SARS 2003 deutlich als Einfluss erkennen. Auch wirtschaftliche Ereignisse wie der Konkurs der Swissair in 2001 oder die Wirtschaftskrise 2008 zeigen Wirkung. Aufgrund dieser Schwankungen sind Vorhersagen der in Zukunft anzunehmenden Absturzhäufigkeiten von Verkehrsflugzeugen problematisch, zumal Flugzeuge und Sicherheitstechnik weiterentwickelt werden und der kommerzielle Flugverkehr so sicherer wird. Bei Annahme einer gleichbleibenden Verteilung des Flugverkehrs auf die verschiedenen Flughöhen und Vernachlässigung der technischen Weiterentwicklung, die wohl zu geringeren Absturzraten führen wird, würde die Absturzhäufigkeit linear mit dem kommerziellen Luftverkehr steigen und natürlich auch sinken.

Für den militärischen Flugverkehr ist in Zukunft mit einer geringeren Absturzhäufigkeit zu rechnen. Die Schweizer Luftwaffe, die die militärische Hauptnutzerin des Schweizer Luftraumes ist, soll modernisiert und im Umfang erhalten bleiben.

Der Verkehr von Leichtflugzeugen soll leicht zunehmen. Allerdings sind hier wirtschaftliche Einflüsse abzuwarten, zumal in diesem Sektor demnächst Kapazitätsgrenzen erreicht werden.

Bewertung

Unabhängig von den ermittelten Absturzhäufigkeiten wird KKN deterministisch gegen Flugzeugabsturz ausgelegt. Die Anforderungen zum Schutz der Anlage gegen Flugzeugabsturz werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt. Dabei wird der zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuches im Einsatz befindliche militärische oder zivile Flugzeugtyp berücksichtigt, der unter realistischen Annahmen die grössten Stosslasten auf Gebäude ausübt. Zusätzlich zu den direkten Stosslasten auf Gebäude werden auch die durch den Absturz induzierte Erschütterung von Anlagenteilen, Treibstoffbrände inkl. Rauchentwicklung sowie Explosionen und Trümmerwirkungen berücksichtigt (UVEK 2009).

Die Massnahmen zur Bekämpfung von Treibstoffbränden inkl. Rauchentwicklung sowie Explosionen als Folge eines Flugzeugabsturzes werden im Brandschutzkonzept, das mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht wird, mit berücksichtigt.

3.3.2.5 Störfälle bei Betrieben

Stoffbezogene Einwirkungen von Störfällen in Betrieben auf KKN

Auf Basis der Gefahreneigenschaften und Mengen der Stoffe, die in den Betrieben im Umkreis von 8 km um den Standort KKN gehandhabt werden, wurden Störfälle postuliert. Es wurde untersucht, ob die Auswirkungen der postulierten Störfälle die Anlagensicherheit von KKN beeinträchtigen könnten (AF-Colenco 2009b).

Wie in Kapitel 3.3.1.1 dargestellt, sind aus Geheimhaltungsgründen die nachfolgenden Ausführungen zu den Betrieben und den Stoffmengen anonymisiert.

Gemäss Stellungnahme des Amtes für Verbraucherschutz (AVS) im Kanton Aargau (Kanton AG 2009b) werden auf der Basis der Kurzberichte und Risikoermittlungen der Betriebe, welche der Störfallverordnung unterliegen, im Chemierisikokataster Gefährdungsbereiche berechnet. Danach kann davon ausgegangen werden, dass die im Umkreis von 8 km um den Standort KKN (im Kanton Aargau) gelegenen und der Störfallverordnung unterstellten Betriebe zu keiner Beeinträchtigung der Sicherheit des Anlagenbetriebes des KKN führen.

Gemäss Stellungnahme des Amtes für Umwelt AfU im Kanton Solothurn (Kanton SO 2009) ist nach den dem Amt vorliegenden Unterlagen und seinen heutigen Kenntnissen das von den umliegenden Betrieben ausgehende Risiko für das geplante KKN gemäss den Beurteilungskriterien I zur StFV (BUWAL 1996b) im akzeptablen Bereich des W/A-Diagrammes. Gemäss Aussage des AfU könnten zwei Betriebe bei Störfällen Auswirkungen bis auf das Projektareal KKN haben.

Zur Illustrierung der Aussagen der Kantone wurden die Betriebe, die der Störfallverordnung unterstellt sind, näher betrachtet und die Auswirkungen von postulierten Störfällen quantifiziert.

Stoffbezogene Einwirkungen von Störfällen in Betrieben auf KKN - Luftpfad

Die im Kanton Aargau gelegenen StFV-Betriebe sind aufgrund der Eigenschaften und Mengen der gehandhabten Stoffe sowie der Entfernung zum Standort KKN nicht relevant.

Für neun der 25 im Kanton Solothurn gelegenen StFV-Betriebe wurden die Aussagen des Kantones näher betrachtet und die Auswirkungen von postulierten Störfällen quantifiziert.

Die in diesen Betrieben gehandhabten Stoffe umfassen Ammoniakwasser, Natronlauge, Salzsäure, Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid, Dieselöl, Getriebe-, Hydraulik-, Motor- und Trafoöle, Heizöl, Farben und Lacke, Lösungsmittel und Propan sowie Kunststoffe.

Für vier Betriebe mit relevanter Brandlast wird ein Vollbrand mit einer Wärmestromdichte von 170 kW/m^2 an der Oberfläche des Brandherdes unterstellt. Dies entspricht der maximalen Quellstärke eines Lachenbrandes von Kohlenwasserstoffen. Die Berechnungen ergeben eine Wärmestromdichte im Zentrum des Hauptareales von KKN von maximal 0.7 kW/m^2 .

Für einen Betrieb mit einer grösseren Menge Propan werden BLEVE, Simultan-BLEVE und Gaswolkenbrand unterstellt. Dabei werden im Zentrum des Hauptareales Wärmestromdichten bis 0.6 kW/m^2 während 19 s und Überdrücke bis 0.02 bar ermittelt.

Für drei Betriebe wird der Austritt des gesamten gelagerten Wasserstoffperoxides unterstellt. Die ermittelte Konzentration im Zentrum des Hauptareales beträgt maximal 13 ppm. Diese Konzentration liegt leicht über dem ERPG1-Wert von 10 ppm und deutlich unter dem ERPG2-Wert von 50 ppm.

Für zwei Betriebe wird der Austritt der gesamten gelagerten Salzsäure unterstellt. Im Zentrum des Hauptareales wird eine maximale Konzentration von 2 ppm Chlorwasserstoff ermittelt. Diese Konzentration entspricht dem MAK-Wert und liegt unter den ERPG-2- und ERPG-3-Werten von 3 bzw. 20 ppm.

Für einen Betrieb wird der Austritt des gesamten gelagerten Ammoniakwassers unterstellt. Die ermittelte Ammoniakkonzentration im Zentrum des Hauptareales beträgt maximal 15 ppm und liegt somit unter dem MAK-Wert von 20 ppm.

Bei Austritt von Natronlauge, Schwefelsäure, Farben und Lacken, Dieselöl sowie Motoren-/ Getriebe-/ Hydraulik- und Trafoölen ist über den Luftpfad mit keinen Einwirkungen zu rechnen, weil der Dampfdruck dieser Stoffe klein ist und es somit zu keinen relevanten gas- und dampfförmigen Freisetzungen kommt.

Für einen Betrieb wird ein Vollbrand von Kunststoffen unterstellt. Die möglichen Auswirkungen von Rauchgasen und Russ werden nachfolgend beschrieben. Aufgrund des Auftriebes werden in unmittelbarer Nähe des Brandherdes in Bodennähe in der Regel keine relevanten Schadstoffkonzentrationen festgestellt. Bei ungünstiger Wetterlage und Windrichtung kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Niedergang der Schadstoffwolke im Hauptareal von KKN stattfindet.

Bei der Verbrennung von organischen Stoffen können neben Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Russ beispielsweise auch Chlorwasserstoff, Dioxine, Stickoxide, Schwefeldioxid oder Wasserstofffluorid entstehen.

Rauchgase stellen primär eine Gefährdung für Personen dar. Der Kommandoraum von KKN kann in einem solchen Fall lüftungstechnisch abgeschottet werden, so dass der weitere Betrieb oder, falls nötig, ein sicheres Abfahren der Anlage jeder Zeit gewährleistet sind.

Eine unmittelbare Beeinträchtigung der Funktion von Anlagenteilen des KKN durch Rauchgase oder Russ ist nicht zu erwarten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nach einem Kunststoffbrand zur Verhinderung von Schäden mittel- bis langfristiger Natur im Rahmen der Jahresrevisionen ausserplanmässige Prüf- und Instandsetzungsarbeiten erforderlich würden.

In allen untersuchten Fällen kann eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN ausgeschlossen werden.

Inwieweit das Kernkraftwerk Niederamt (KKN) selbst der Störfallverordnung unterliegt, kann erst im Rahmen der UVP 2. Stufe in Anwendung der Störfallverordnung abgehandelt werden.

Stoffbezogene Einwirkungen von Störfällen in Betrieben auf KKN - Wasserpfad

Ausbreitung von ausgelaufenen Flüssigkeiten über das Grundwasser

Es kann davon ausgegangen werden, dass in den betrachteten Betrieben, die alle der Störfallverordnung unterstellt sind, die Stoffe gemäss ihrer Gefahreneigenschaften vorschriftsmässig gelagert sind und gehandhabt werden.

Flüssigkeiten in relevanten Mengen sind demnach in geeigneten Behältern gelagert, welche in dichten und entsprechend bemessenen Auffangwannen aufgestellt sind. Die Betriebe verfügen ausserdem über ausreichende Löschwasserrückhaltebecken, um das im Brandfall anfallende kontaminierte Löschwasser auffangen zu können.

Bei den Auffangwannen und Löschwasserrückhaltebecken handelt es sich um passive Sicherheitsmassnahmen, von denen angenommen werden kann, dass sie im Störfall Brand intakt bleiben. Bei Explosionen könnten bei stark verdämmter Umgebung oder innerhalb von geschlossenen Bauten auch bauliche Sicherheitsmassnahmen versagen (Kanton ZH 1992).

Mit Ausnahme von 2 Betrieben liegt allerdings keiner der betrachteten Betriebe grundwasserstromaufwärts von KKN. Beim einen Betrieb, der 4 km von KKN entfernt ist, ist das Betriebsareal vollständig als Löschwasserrückhaltebecken ausgeführt.

Der zweite Betrieb ist das Kernkraftwerk Gösgen. Ob von der Grundwasserströmung vom KKG-Gelände her sicherheitstechnisch wichtige Gebäude von KKN tangiert werden könnten, hängt von der Gebäudeanordnung ab. Diese wird erst im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

Die potentiellen Auswirkungen von Gefahrstoffen auf Gebäudefundationen wären allenfalls langfristiger Natur. Ein unmittelbarer Einfluss einer Grundwasserverschmutzung auf den Anlagenbetrieb des KKN ist daher nicht zu unterstellen.

Die Grundwasserqualität wird regelmässig kontrolliert. Bei Bekanntwerden von Unfällen in benachbarten Betrieben mit Freisetzung von Chemikalien können bei Verdacht auf Grundwasserkontamination die Kontrollen intensiviert werden.

Ausbreitung von ausgelaufenen Flüssigkeiten über den Oberwasserkanal

Aus den obengenannten Gründen ist das Auslaufen von grossen Mengen Flüssigkeiten bei Störfällen in den untersuchten Betrieben nicht zu erwarten. Das Auslaufen von grossen Mengen Flüssigkeiten mit nachfolgender Ausbreitung über den Oberwasserkanal in die Kühlwassersysteme von KKN kann daher als sehr unwahrscheinlich eingestuft werden. Ein etwas weniger unwahrscheinliches Szenario wird nachfolgend analysiert. Die Feststellungen und Schlussfolgerungen gelten sinngemäss für alle denkbaren Szenarien mit Auslaufen von Flüssigkeiten.

Die Aare wird an verschiedenen Stellen von Durchgangsstrassen überquert. Die zum Oberwasserkanal nächstgelegene Brücke befindet sich in einer Entfernung von ca. 350 m stromaufwärts des Winznauer Wehres (Gösgerstrasse).

Bis zur aus heutiger Sicht am Oberwasserkanal befindlichen Einlaufstelle für das Nebenkühlwasser von KKN sind weitere Brücken vorhanden. Sie gehören zu kleineren Strassen und werden, wenn überhaupt, nur selten von Tanklastwagen befahren. Für den nachfolgend beschriebenen Störfallablauf ist, bis auf die Fliesszeit bis zur Einleitstelle, die Lage der Brücke nicht massgebend.

Bei einem Unfall mit einem Tanklastwagen mit Chemikalien auf der Brücke oberhalb des Winznauer Wehres, bei dem der Tankinhalt in die Aare gelangt, kann nicht verhindert werden, dass die Chemikalien in den Oberwasserkanal gelangen.

Die Entfernung zu einer Einlaufstelle für das Nebenkühlwasser von KKN wird aus heutiger Sicht ca. 4 km betragen. Bei einer Fliessgeschwindigkeit von 2 m/s vergehen ca. 30 Minuten, bis der Tankinhalt die Einlaufstelle erreicht hat.

Fliesst ein Tankinhalt von 25 m³ in 10 Minuten in die Aare und vermischt sich während dieser Zeitspanne homogen mit einem niedrigen Aare-Abfluss von 200 m³/s, beträgt die Konzentration an der Einlaufstelle ca. 200 ppm.

Das Nebenkühlwasser wird permanent auf pH-Wert und Leitfähigkeit überwacht. Darüber hinaus werden regelmässig Proben gezogen und analysiert. Nach einem Ereignis mit potentieller Verschmutzung im Oberwasserkanal werden zusätzliche Probeentnahmen und Wasseranalysen veranlasst.

Beim Ansprechen der Grenzwertmelder an den Messstellen für pH-Wert und Leitfähigkeit würden ebenfalls zusätzliche Analysen veranlasst. Die Ergebnisse der Wasseranalysen dienen zur Beurteilung der möglichen betrieblichen Auswirkungen und als Entscheidungshilfe für eventuell erforderliche Massnahmen.

Der unterstellte Eintrag von Chemikalien kann nicht zu einem Ausfall des Nebenkühlwassersystemes führen. Bei den mehrfachen Redundanzen des Systemes können Kontrollen und Instandsetzungen auch während des Volllastbetriebes vorgenommen werden.

Es kann dabei nicht ausgeschlossen werden, dass zur Verhinderung von Schäden mittel- bis langfristiger Natur am Nebenkühlwassersystem im Rahmen der Jahresrevision ausserplanmässige Prüf- und Instandsetzungsarbeiten erforderlich würden.

Bei dem Hauptkühlwassersystem könnten je nach freigesetzten Chemikalien eventuell Probleme mit der Zusatzwasserversorgung für den Kühlturm eintreten. Je nach Art und Konzentration der Chemikalien im Rohwasser könnte in der Entkarbonisierungsanlage ein ganzes Spektrum von Störungen, angefangen von leichter Schadstoffbelastung des Schlammes bis zu einem Totalausfall der Entkarbonisierungsanlage, vorkommen.

Das Hauptkühlwassersystem ist ein Betriebssystem, ohne sicherheitstechnische Funktion. Der Eintrag von Chemikalien in das Kühlwasser führt daher Umständen zu einer Beeinträchtigung des Betriebes, nicht aber der Anlagensicherheit von KKN.

Nicht stoffbezogene Wechselwirkungen von KKN und KKG

Störfallbedingt generierte Flugkörper und Geschosse (wie "turbine missiles") können durch Defekte rotierender oder unter Druck stehender Komponenten entstehen. Die wahrscheinlichen Flugbahnen von "turbine missiles" werden in der Auslegung von KKN unter Berücksichtigung der Sicherheitsklassifikation der Gebäude betrachtet und spiegeln sich in der gesamten Anordnung und Positionierung des geplanten KKW relativ zum bestehenden KKW Gösgen wider. Dieser sicherheitstechnischen Notwendigkeit wird im Baubewilligungsverfahren im Detail Rechnung getragen, da erst zu diesem Zeitpunkt die exakte Lage, die Leistung und der Reaktortyp bekannt sein werden. Ist eine günstige Positionierung der neuen Anlage nicht realisierbar, so werden bauliche Massnahmen zum Schutz von KKN respektive KKG getroffen.

Eine weiterführende Untersuchung der gegenseitigen Beeinflussung des Anlagenbetriebes beider Kernkraftwerke ist im Baubewilligungsverfahren geplant.

Radiologische Einwirkungen auf KKN bei Störungen in Nachbarbetrieben

Die gegenwärtige radiologische Situation am Standort bei Normalbetrieb der untenstehenden Betriebe ist im Kapitel 4.5 beschrieben. Nachfolgend wird auf die Frage eingegangen, ob Störfallsituationen in Betrieben der Nachbarschaft von KKN radiologische Auswirkungen auf KKN haben könnten.

Kernkraftwerk Gösgen (KKG)

Im Falle einer störfallbedingten Freisetzung von Radioaktivität durch das KKG ist die geplante Anlage KKN selbst nicht gefährdet. Erhöhte radiologische Werte werden durch die ständige radiologische Überwachung in- und ausserhalb der Anlagen sofort festgestellt, und entsprechende Gegenmassnahmen können eingeleitet werden. Der Kommandoraum des KKN kann in einem solchen Fall lüftungstechnisch abgeschottet werden, so dass sowohl der weitere Betrieb als auch, falls nötig, ein sicheres Abfahren der Anlage zu jeder Zeit gewährleistet sind. Die mögliche radiologische Beeinträchtigung des KKN durch die bestehende Anlage KKG ist somit entweder von geringer Bedeutung oder es können Gegenmassnahmen ergriffen werden. Dies gilt auch in umgekehrter Richtung hinsichtlich einer radiologischen Beeinflussung von KKG durch KKN.

LEONI Studer AG

Die Bestrahlungsquellen der Firma LEONI Studer AG, Werk Hard, werden bei Betriebsstörungen automatisch in einen sicheren Zustand gebracht: entweder dadurch, dass sie im spannungslosen Zustand nicht mehr strahlen oder dass sie in ein Wasserbecken fallen und damit die Strahlung noch weitergehender abgeschirmt ist als unter Betriebsbedingungen.

Weitere Betriebe

Die Bestrahlungsquellen der übrigen industriellen und medizinischen Betriebe sind wesentlich kleiner und stellen daher ein kleineres Gefährdungspotential dar als bei den vorgängig genannten Betrieben. Einwirkungen auf das KKN sind auch unter Störfallbedingungen nicht zu unterstellen.

3.3.2.6 Störfälle bei Rohrleitungsanlagen

Erdgas-Hochdruckleitungen westlich des Standortes KKN

Schadenswirkung bei Explosion einer Gaswolke

Gemäss Anhang 5-15 des Rahmenberichtes (Rahmenbericht Erdgas 1997) treten Schäden durch eine Druckwelle im Freien nur in Einzelfällen auf. Eine Detonation von Erdgas ist im Freien nicht möglich, und auch für eine Deflagration sind eine grössere zündfähige Wolke und eine gewisse Verdämmung durch die Umgebung notwendig.

Bei einer gänzlich unverdämmten Gaswolke ist ein Überdruck unter 0.1 bar zu erwarten. In einer teilverdämmten Umgebung (z. B. innerhalb von Industrieanlagen) sind höhere Überdrücke möglich, bis maximal 0.5 bar.

Bei ganz verdämmter Umgebung werden bei Explosionen von Gaswolken höhere Drücke erreicht. Eine Methangasexplosion kann in geschlossenen Räumen einen maximalen Überdruck von 7 bar bewirken.

Erdgas-Hochdruckleitungen

Explosion

Gemäss (HSK 1994) beträgt der nach Ziffer IV der BMI-Richtlinie (BMI 1976) erforderliche Sicherheitsabstand zwischen den Erdgas-Hochdruckleitungen und sicherheitsrelevanten Gebäuden 375 m.

Voraussetzung, dass der Sicherheitsabstand von 375 m ausreicht, ist die Auslegung der sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude und Anlagenteile gegen die in der BMI-Richtlinie definierte Druckwelle mit einer Überdruckspitze von 0.45 bar (BMI 1976). Weiter sind potentielle Verdämmungseffekte bei der Gestaltung und Anordnung der Gebäude zu berücksichtigen. Eine solche Auslegung ist für KKN vorgesehen.

Der minimale Abstand von den Erdgas-Hochdruckleitungen zum Hauptareal von KKN beträgt ca. 570 m und ist damit deutlich grösser als der erforderliche Sicherheitsabstand von 375 m.

Fackelbrand

Bei einem Leck an einer Erdgas-Hochdruckleitung mit anschliessender Zündung brennt das austretende Erdgas im Allgemeinen als Fackel ab. Die Grösse der Flamme ist vom Überdruck in der Leitung und von der Leckgrösse abhängig.

Gemäss (Rahmenbericht Erdgas 1997) beträgt nach einem Totalversagen einer 70 bar/36" - Erdgas-Hochdruckleitung und Zündung des austretenden Gases die Flammenlänge des Fackelbrandes 290 m und der Flammendurchmesser 90 m.

Bei Annahme eines strahlenden vertikalen Zylinders mit einer Höhe von 290 m, einem Durchmesser von 90 m und einer Wärmestromdichte von 200 kW/m² an der Oberfläche wird mit (SAFER TRACE 2006) in der Entfernung von 570 m eine Wärmestromdichte von weniger als 3 kW/m² ermittelt.

Eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN kann ausgeschlossen werden.

Im Baubewilligungsverfahren werden anhand einer Risikoanalyse die Auswirkungen der zeitverzögerten Zündung einer Gaswolke sowie das Eindringen von Gas in KKN-Gebäude untersucht.

Ausblick

Die Ausführungen zu den Erdgas-Hochdruckleitungen beziehen sich teilweise auf den (Rahmenbericht Erdgas 1997). Es wird erwartet, dass in naher Zukunft eine Überarbeitung des Rahmenberichtes erfolgt.

Im Baubewilligungsverfahren wird überprüft, ob aufgrund von geänderten Beurteilungskriterien im Rahmenbericht weitere Analysen erforderlich sind.

3.3.2.7 Waldbrandgefährdung

Die Waldbrandgefährdung im Gebiet des Projektareales KKN wurde untersucht (Kaufmann + Bader 2009). Zur Beurteilung der Waldbrandgefahr wurden jene Kriterien verwendet, die aufgrund der Waldbrandforschung relevant sind. Es sind dies: Region, Topographie, Standort, Bestockung, Brandgut und Brandherde. Die Untersuchungen zur Waldbrandgefährdung zeigen, dass aufgrund der geographischen, der topographischen, der standörtlichen und der waldbaulichen Gegebenheiten die Wahrscheinlichkeit eines Waldbrandes in den Wäldern, die an das Projektareal KKN grenzen, sehr gering ist. Sie kann jedoch bei sehr extremen Trockenperioden nicht völlig ausgeschlossen werden.

Die Waldbrandgefährdung bleibt auch unter Berücksichtigung eines möglichen Einflusses der Klimaänderung mit aktuellen Klimaszenarien insgesamt sehr gering (Kaufmann + Bader 2009).

Massgebend für die Brandgefährdung ist aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zur geplanten Anlage und der relativ zu der sonst sehr schmalen Uferbestockung grösseren Fläche die Waldfläche nordwestlich des Hauptareales. Durch die Einhaltung eines gehölzfreien Sicherheitsstreifens zu den geplanten Gebäuden bzw. zum äusseren Anlagenzaun (Durchfahrerschutz) werden die potentiellen Auswirkungen eines Waldbrandes und somit das bereits sehr geringe Brandrisiko weiter reduziert.

Die Betriebsfeuerwehr von KKN wird ausserdem, wie es die Betriebsfeuerwehr von KKG ist, für die Bekämpfung von Waldbränden entsprechend ausgebildet und ausgerüstet. Sie kann im Bedarfsfall durch die Betriebsfeuerwehr von KKG und, in Anlehnung an die Situation heute bei KKG, durch die Stützpunktfeuerwehren von Schönenwerd und Olten unterstützt werden. Der Anfahrtsweg vom Stützpunkt Schönenwerd zum KKG ist rund 3.6 km lang, die Fahrzeit beträgt 7 min. Die Anfahrt vom Stützpunkt Olten ist rund 8.2 km lang und bedingt eine Anfahrtszeit von 13 min.

Die Massnahmen zur Bekämpfung von Bränden inkl. Waldbrände und der entsprechenden Ausbildung der Betriebsfeuerwehr werden im Brandschutzkonzept berücksichtigt. Das Brandschutzkonzept wird im Rahmen der G1-Unterlagen gemäss Anhang 3 der Richtlinie HSK-R-30 (HSK 1992a) und Anhang 4 (KEV 2004) erstellt und mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht. Die Details der Brandschutzmassnahmen werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

3.3.2.8 Störfälle in der Nachbarschaft infolge von Erdbeben

Bei den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Auswirkungen von Einzelereignissen ohne Erdbeben ist allgemein vorausgesetzt, dass die bei den Betrieben vorhandenen passiven Sicherheitsmassnahmen nicht versagen.

Beim Lastfall Erdbeben wird zusätzlich berücksichtigt, dass als direkte Folge des Erdbebens sowohl aktive als auch passive Sicherheitsmassnahmen versagen könnten.

Beim Versagen von passiven Sicherheitsmassnahmen, wie z. B. bauliche Brandabschnitte, Auffangwannen, erdgedeckte Behälter, ist zusätzlich zum Luftpfad eine Ausbreitung von Chemikalien über Boden- und Wasserpfade zu betrachten. Die potentiellen Auswirkungen auf KKN werden nachfolgend ebenfalls behandelt.

Luftpfad - Verkehrswege und Betriebe

Die möglichen Nachfolgeereignisse eines Erdbebens sind mit den in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Einwirkungen von einzelnen Ereignissen bei Verkehrswegen und Betrieben unter Berücksichtigung folgender Ergänzungen abgedeckt:

- Die Berechnung der Wärmestromdichte auf dem KKN-Gelände in Folge von Bränden bei benachbarten Betrieben erfolgte mit einem Modell, bei dem der Flächenstrahler die Länge

und Breite des jeweiligen Betriebes und nicht die Dimensionen der jeweils betroffenen Anlagenteile oder Brandabschnitte aufweist.

Die im Modell verwendeten Stoffmengen entsprechen den im jeweiligen Betrieb maximal vorhandenen Mengen, so dass Brände als Nachfolgeereignisse eines Erdbebens mit abgedeckt sind. Im Baubewilligungsverfahren können die zu betrachtenden Distanzen zu den nächsten sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen von KKN genauer ermittelt werden. Das konservative Modell des Flächenstrahlers wird weiter verwendet, nur in Einzelfällen könnten genauere Betrachtungen zu den tatsächlichen Dimensionen der möglichen Brandquellen erforderlich werden.

- Bei der im Baubewilligungsverfahren vorgesehenen Risikoanalyse für die Freisetzung von Chlor und zündfähigen Stoffen (Leitstoff Propan) mit zeitverzögerter Zündung von Gaswolken wird berücksichtigt, dass durch Erdbeben grössere Mengen freigesetzt werden könnten als bei der Störfallanalyse ohne Erdbeben postuliert.

Luftpfad - Rohrleitungsanlagen

Explosion

Der im Kapitel 3.3.2.6 angegebene Sicherheitsabstand von $R = 375$ m bezieht sich auf eine Masse L von 103 t gemäss Formel $R = 8 \times (L)^{1/3}$ nach Ziffer IV der BMI-Richtlinie (BMI 1976).

Diese Gasmenge gilt für das Versagen einer der beiden Erdgas-Hochdruckleitungen.

Wird im Falle eines Erdbebens ein gleichzeitiges Versagen beider Erdgas-Hochdruckleitungen mit Austritt der doppelten Menge ($L = 206$ t) unterstellt, so beträgt gemäss Ziffer IV der BMI-Richtlinie der erforderliche Sicherheitsabstand 473 m.

Der minimale Abstand zum Hauptareal von KKN beträgt ca. 570 m. Der im Falle eines Erdbebens erforderliche Sicherheitsabstand von 473 Meter gemäss BMI-Richtlinie ist somit auch eingehalten.

Fackelbrand

Das Leck an beiden Erdgas-Hochdruckleitungen wird konservativerweise als Leck an einer Hochdruckleitung mit doppeltem Durchmesser behandelt. Gemäss Abbildung A5-5, Anhang 5-11 in (Rahmenbericht Erdgas 1997) beträgt nach einem Totalversagen einer 70 bar/72" – Erdgas-Hochdruckleitung und Zündung des austretenden Gases die Flammenlänge des Fackelbrandes 630 m und der Flammendurchmesser 170 m. Die mit (SAFER TRACE 2006) ermittelte Wärmestromdichte in 570 m Entfernung beträgt weniger als 9 kW/m².

Eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN kann ausgeschlossen werden.

Bei der Risikoanalyse zu den Auswirkungen der zeitverzögerten Zündung einer Gaswolke sowie zum Eindringen von Gas in KKN-Gebäude im Baubewilligungsverfahren wird die bei Erdbeben potentielle höhere Freisetzungsmenge berücksichtigt.

Grundwasserpfad

Mit Ausnahme von 2 Betrieben liegt keiner der im Kapitel 3.3.2.5 berücksichtigten Betriebe grundwasserstromaufwärts von KKN.

Diese Aussage gilt auch im Falle eines Erdbebens, da nicht zu unterstellen ist, dass die Grundwasserhältnisse wie die allgemeinen Strömungsrichtungen nach einem Erdbeben massiv geändert werden.

Chemikalien aus dem grundwasserstromaufwärts in 4 km Entfernung gelegenen Betrieb könnten infolge des Versagens der Löschwasserrückhaltefunktion des Betriebsareales in das Grundwasser gelangen. Mit Strömungsgeschwindigkeiten des Grundwassers im Bereich des Standortes von weniger als 1 km pro Jahr ist allerdings der Transport von Chemikalien mit dem Grundwasser ein langsamer Vorgang.

Ob von der Grundwasserströmung vom KKG-Gelände her sicherheitstechnisch wichtige Gebäude von KKN tangiert werden könnten, hängt von der Gebäudeanordnung ab. Diese wird erst im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

Potentielle Auswirkungen von Chemikalien auf Gebäudefundationen wären jedenfalls langfristiger Natur und führten in keinem Fall zu akuten Gefährdungen der Anlagensicherheit.

Oberwasserkanal

Wie im Kapitel 3.3.2.5 dargelegt, würde der Eintrag von Chemikalien in das Kühlwasser unter Umständen zu einer Beeinträchtigung des Betriebes, nicht aber der Anlagensicherheit von KKN führen.

Der Oberwasserkanal wird ausserdem nicht als erdbebensicher betrachtet. Die Versorgung bzw. Kühlung des Nebenkühlwassers für sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher wird bei Ausfall des Oberwasserkanales durch alternative Systeme gewährleistet (siehe Kapitel 2.2.4 Nebenkühlwassersystem und Kapitel 3.8.7.1 - Kombination von Erdbeben mit erdbebenbedingten externen Ereignissen).

3.3.3 Zusammenfassende Bewertung

Die aus den untersuchten Störfallszenarien ermittelten Einwirkungen beziehen sich in der Regel auf das Zentrum des Hauptareales von KKN. Die Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Bewertungen werden im Baubewilligungsverfahren aufgrund der genauen Gebäudeanordnung verifiziert.

3.3.3.1 Eisenbahnanlagen

Von Bränden oder Explosionen infolge eines störfallbedingten Austritts der Leitstoffe Benzin oder Propan aus Bahnkesselwagen auf der Eisenbahnstrecke Olten Ost - Aarau gehen keine Gefahren aus, welche die Eignung des Standortes des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt in Frage stellen oder besondere Schutzmassnahmen erfordern würden.

Im Baubewilligungsverfahren werden anhand einer Risikoanalyse die Auswirkungen von Chlorfreisetzungen sowie Propanfreisetzungen mit zeitverzögerter Zündung auf der Eisenbahnstrecke Olten Ost - Aarau untersucht.

Die Eignung des Standortes KKN wird dadurch nicht tangiert.

3.3.3.2 Durchgangsstrassen

Von Bränden oder Explosionen infolge eines störfallbedingten Austritts der Leitstoffe Benzin oder Propan aus (Tank)Lastwagen auf den Kantonsstrassen Olten - Aarau und Olten - Schönenwerd gehen keine Gefahren aus, welche die Eignung des Standortes des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt in Frage stellen oder besondere Schutzmassnahmen erfordern würden.

Bei der Risikoanalyse für Chlorfreisetzungen und Propanfreisetzungen mit zeitverzögerter Zündung bei Bahnunfällen im Baubewilligungsverfahren werden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Transportaufkommen die Transportunfälle auf Durchgangsstrassen mit einbezogen.

Die Eignung des Standortes KKN wird dadurch nicht tangiert.

3.3.3.3 Luftverkehr

Unabhängig von den ermittelten Absturzhäufigkeiten wird KKN deterministisch gegen Flugabsturz ausgelegt. Die Anforderungen zum Schutz der Anlage gegen Flugzeugabsturz werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

3.3.3.4 Betriebe

Von Bränden, Explosionen oder Freisetzungen von toxischen Gasen aus Betrieben inklusive KKG in der näheren Umgebung von KKN gehen keine Gefahren aus, welche die Eignung des Standortes des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt in Frage stellen oder besondere Schutzmassnahmen erfordern würden.

Im Baubewilligungsverfahren werden anhand einer Risikoanalyse die Auswirkungen der zeitverzögerten Zündung von Gaswolken, auch unter Berücksichtigung von bei Erdbeben potentiellen grösseren Freisetzungsmengen, untersucht.

Eine allfällige gegenseitige Beeinflussung des Anlagenbetriebes der Kernkraftwerke KKG und KKN wird im Baubewilligungsverfahren abschliessend behandelt.

Die Eignung des Standortes KKN wird dadurch nicht tangiert.

3.3.3.5 Rohrleitungsanlagen

Die sicherheitstechnisch wichtigen Gebäude und Anlagenteile von KKN werden gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen ausgelegt.

Der minimale Abstand von den Erdgas-Hochdruckleitungen zum Hauptareal von KKN liegt über dem bei der vorgesehenen Auslegung von KKN erforderlichen Sicherheitsabstand.

Bei der aus Fackelbränden nach Lecks an Erdgas-Hochdruckleitungen entstehenden Hitzestrahlung kann eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit von KKN ausgeschlossen werden.

Von den Erdgas-Hochdruckleitungen gehen damit keine Gefahren aus, welche die Eignung des Standortes des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt in Frage stellen.

Im Baubewilligungsverfahren werden anhand einer Risikoanalyse die Auswirkungen der zeitverzögerten Zündung sowie das Eindringen von Gas in KKN-Gebäude, auch unter Berücksichtigung von bei Erdbeben potentiellen grösseren Freisetzungsmengen, untersucht.

Im Baubewilligungsverfahren wird zudem überprüft, ob aufgrund von geänderten Beurteilungskriterien der Erdgaswirtschaft weitere Analysen erforderlich sind.

Die Eignung des Standortes KKN wird dadurch nicht tangiert.

3.3.3.6 Wälder

Die Waldbrandgefährdung aus den Wäldern, die an das Projektareal KKN grenzen, ist sehr gering. Durch die Einhaltung eines gehölzfreien Sicherheitsstreifens zu den geplanten Gebäuden bzw. zum äusseren Anlagenzaun (Durchfahrtschutz) werden die potentiellen Auswirkungen eines Waldbrandes und somit das bereits sehr geringe Brandrisiko weiter reduziert.

Die Betriebsfeuerwehr von KKN wird ausserdem für die Bekämpfung von Waldbränden entsprechend ausgebildet und ausgerüstet.

Die Massnahmen zur Bekämpfung von Bränden inkl. Waldbrände werden im Brandschutzkonzept im Baubewilligungsverfahren berücksichtigt.

3.3.3.7 Ausblick

Im Baubewilligungsverfahren werden zwischenzeitlich erfolgte Änderungen bei benachbarten Verkehrswegen und Betrieben berücksichtigt.

Später müssen bei geplanten Änderungen oder bei der Neuplanung von Eisenbahn- und Strassenverkehrswegen sowie Betrieben in der Nachbarschaft von KKN die jeweiligen Bauherren und die zuständigen Behörden die potentiellen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb und die Anlagensicherheit von KKN berücksichtigen.

Bei der Auslegung gegen Flugzeugabsturz werden die zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuches im Einsatz befindlichen militärischen oder zivilen Flugzeugtypen berücksichtigt.

Auch unter Berücksichtigung der potentiellen Beeinflussung durch den Klimawandel ist die Waldbrandgefährdung am Standort sehr gering.

3.4 Meteorologie

3.4.1 Meteorologische Messungen

Im Rahmen des sogenannten ANETZ-Systemes des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) wurden bis Mitte 2009 an einem Mast ca. 1.2 km östlich des bestehenden KKG meteorologische Messungen durchgeführt. Diese Messungen dienten dazu, die atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen am Standort Gösgen-Däniken gemäss HSK-R-32 kontinuierlich zu erfassen (HSK 1993). Diese Messungen sind auch für den Standort KKN repräsentativ.

Die Werte folgender Parameter wurden gemessen und dokumentiert:

- Lufttemperatur in 10 m, 60 m und 110 m Höhe über Boden und
- Windrichtung, Böenspitze und Windgeschwindigkeit in 10 m und 110 m über Boden.

Diese Parameter wurden jeweils von zwei Sensoren gemessen (siehe Kapitel 3.4.2.1). Ausgewertet wurden in (MeteoSchweiz 2009a) die Aufzeichnungen des Sensors 2.

Ausserdem wurde in der Nähe vom Messmast die Niederschlagsintensität vom ANETZ-System am Boden in 1.5 m Höhe erfasst. Zum Vergleich wurde für den Niederschlag die Zeitreihe der Station Buchs / Aarau verwendet.

Im Rahmen der Erneuerung des Bodenmessnetzes der MeteoSchweiz ist der Messmast Gösgen (GOE) durch die neu eingerichtete SwissMetNet Station Gösgen (GOE) des Types S1 (MeteoSchweiz 2009b) abgelöst worden, die seit dem 03. Juni 2008 offiziell in Betrieb ist. Das Bodenmessfeld liegt neu ca. 300 m südlich des Hauptareales KKN und ca. 900 westsüdwestlich des heute rückgebauten Messmastes. Gemessen werden Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Oberflächentemperatur, 5 cm Lufttemperatur, Niederschlag, Radioaktivität, Globalstrahlung, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Die Messwerte dieser neuen Station der MeteoSchweiz sind in der vorliegenden Auswertung nicht berücksichtigt worden. Sie werden bei der Revision des Sicherheitsberichtes im Baubewilligungsverfahren mit einbezogen.

3.4.2 Stationsbeschreibungen

3.4.2.1 Gösgen

Der Standort des heute rückgebauten Messmastes mit den Landeskoordinaten 641/260//246/130 liegt östlich des Standortes KKN. Die Höhe der Mastbasis betrug 380 m ü. M. Schalenkreuzanemometer und Windfahnen waren jeweils in 10 m und 110 m über Boden installiert. Ausserdem wurde aus Redundanzgründen in beiden Höhen je ein Orthogonal-Propeller-Anemometer eingesetzt. Temperaturmessgeräte, ebenfalls in redundanter Ausführung, waren in 10 m, 60 m und 110 m Höhe über Boden angeordnet. Die Niederschlagshöhe wurde mittels einer auf 1.5 m über Boden aufgestellten Kippwaage gemessen.

Der Standort des Messmastes ist offen gegenüber Luftströmungen aus den beiden Hauptwindrichtungen West-Südwest und Ost-Nordost. Das Aaretal bildet hier einen nahezu 3 km breiten ebenen Talboden.

Im Norden wird das Aaretal durch die weitgehend bewaldeten Höhenzüge der südlichen Randzone des Tafeljuras begrenzt. Im Süden erhebt sich in einer Distanz von etwa 3 km mit relativ steiler Nordabdachung der Engelberg bis etwa 700 m über Meer und erreicht mit seinen nordöstlichen Ausläufern die Talaufweitung von Aarau. Es ist daher eine sehr starke Ausrichtung der Windrichtungshäufigkeit in WSW-ONO-Richtung zu erwarten.

3.4.2.2 Buchs / Aarau

Das Messfeld der MeteoSchweiz-Station (SwissMetNet) am Standort Buchs / Aarau befindet sich an den Landeskoordinaten 648/389//248/365. Die Höhenlage ist 387 m über Meer. Es liegt südlich der Aare im Aaretal auf freiem Feld. Der Niederschlag wird in 2 m Höhe über Grund von einem beheizten Niederschlagsmesser gemessen. Auf dieser Höhe wird auch die Feuchtthermometer-temperatur registriert.

3.4.3 Datenbasis

Um eine möglichst aktuelle und repräsentative Darstellung der meteorologischen Verhältnisse am Standort KKN zu erhalten, wurden die Datensätze ab Februar 1987, für den Niederschlag ab Oktober 1988, bis einschliesslich Dezember 2007 bzw. 2008 ausgewertet. 1987 bzw. 1988 entspricht dem Beginn der Aufzeichnungen im ANETZ-System.

Im Allgemeinen gibt bereits das Mittel über einen fünfjährigen Zeitraum, insbesondere bei Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilitätszustand der Atmosphäre, die im Langzeitmittel zu erwartenden Ausbreitungsverhältnisse wieder (z. B. KTA 2006). Standortsspezifische vierparametrische Ausbreitungsstatistiken über einen Zeitraum von fünf Jahren erfüllen beispielsweise nach

dem deutschen Regelwerk des Strahlenschutzes die Anforderungen, die an eine Ausbreitungsstatistik für die Berechnung der langzeitlichen Strahlenexposition aufgrund der Ableitung mit der Fortluft im bestimmungsgemässen Betrieb zu stellen sind (AVV 2005).

Für die Erarbeitung von Extremwertstatistiken wurde jedoch eine möglichst lange Zeitreihe berücksichtigt.

Alle im Sicherheitsbericht genutzten Daten meteorologischer Parameter wurden von MeteoSchweiz zur Verfügung gestellt (MeteoSchweiz 2009a). MeteoSchweiz hat diese Daten vorgängig ausführlich qualitätsgeprüft. Hierbei kamen automatische und manuelle Datenbearbeitungsverfahren zum Einsatz, mit deren Hilfe fehlerhafte Daten wie physikalisch unmögliche Werte oder Ausreisser eliminiert wurden.

Eine genaue Beschreibung der Qualitätsprüfung ist (MeteoSchweiz 2009a) zu entnehmen. Nach der Bearbeitung ist die Datenqualität aufgrund der in Tabelle 3.4-1 angegebenen Verfügbarkeiten als sehr gut zu bezeichnen.

Basis der statistischen Auswertung des Datenkollektives sind die Stundenmittelwerte der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Temperatur. Der Niederschlag wurde als Stundensumme und als Zehnminutensumme ausgewertet. Des Weiteren wurden Zeitreihen der Böenspitzen, sogenannte Sekundenböen, im Zehnminutenintervall analysiert.

Die Stundenwerte der Diffusionskategorien wurden mit den Stundenmittelwerten der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe und dem Temperaturgradient zwischen 110 m und 10 m Höhe durch MeteoSchweiz (MeteoSchweiz 2009a) ermittelt (siehe Kapitel 3.4.5). Des Weiteren wurden die monatlichen Mittelwerte der Niederschlagsmengen für die Gesamtperiode vom Januar 1989 bis Dezember 2008 am Standort sowie zum Vergleich an der Station Buchs / Aarau, aus den von MeteoSchweiz gemessenen Tageswerten summiert und ausgewertet (Tabelle 3.4-10).

Alle durchgeführten Auswertungen verwenden die im Rahmen des Berichtes (MeteoSchweiz 2009a) zur Verfügung gestellten aufbereiteten Daten. Es wurde immer der längstmöglich verfügbare Zeitraum verwendet, wobei bei zusammenhängenden Auswertungen mehrerer Parameter die jeweils kürzeste Reihe den Auswertungszeitraum vorgibt.

Dadurch unterscheiden sich die Auswertungszeiträume je nach ausgewertetem Parameter bzw. nach Gruppe zusammenhängend ausgewerteter Parameter. Ausgewertet wurden nur Aufzeichnungen solcher Jahre, in denen die Aufzeichnungsdauer länger als 10 Monate beträgt. Mittelwerte wurden unter Berücksichtigung der Anforderungen möglichst nur aus den Zeitreihen ganzer Jahre berechnet.

In einigen der folgenden Ausführungen wurde bei den meteorologischen Parametern, welche die Grundlage für die Beurteilung der atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen bilden, das Jahresmittel und das Mittel über die Monate des Sommerhalbjahres sowie, ergänzend, des Winterhalbjahres gebildet. Das Sommerhalbjahr ist in der Richtlinie HSK-G14 (HSK 2008a) als Zeitraum vom 16. April bis 15. Oktober und das Winterhalbjahr als Zeitraum vom 16. Oktober bis 15. April definiert und wird im Weiteren so verwendet, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben.

Die Tabelle 3.4-1 zeigt die an den zwei Stationen verwendeten Zeitreihen mit Aufzeichnungszeitraum, Länge und Verfügbarkeit. Die Messung des Niederschlages mit der Auflösung "1 Tag" bezieht sich auf den Zeitpunkt 5:40 h koordinierte Weltzeit (UTC).

Tabelle 3.4-1 Übersicht der verwendeten Zeitreihen an den Stationen Gösgen und Buchs / Aarau mit Aufzeichnungszeitraum und Verfügbarkeit der Daten

Station	Parameter	Einheit	Zeitliche Auflösung	Höhe	Messperiode	Länge der Zeitreihe	Verfügbarkeit der Daten
Gösgen	Niederschlag	mm	10 min	1.5 m	23.10.1988 - 31.12.2007	19.2 a	99.70 %
			60 min		23.10.1988 - 31.12.2008	20.2 a	99.70 %
Gösgen	Temperatur	°C	60 min	10 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.65 %
Gösgen	Temperatur	°C	60 min	60 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.63 %
Gösgen	Temperatur	°C	60 min	110 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.61 %
Gösgen	Böenspitze	m/s	s in 10 min	10 m	01.02.1987 - 31.12.2007	20.9 a	99.66 %
Gösgen	Böenspitze	m/s	s in 10 min	110 m	01.02.1987 - 31.12.2007	20.9 a	99.59 %
Gösgen	Windgeschwindigkeit	m/s	60 min	10 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.59 %
Gösgen	Windgeschwindigkeit	m/s	60 min	110 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.60 %
Gösgen	Windrichtung	m/s	60 min	10 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.50 %
Gösgen	Windrichtung	m/s	60 min	110 m	01.02.1987 - 31.12.2008	21.9 a	99.57 %
Buchs / Aarau	Niederschlag	mm	1 Tag	2 m	01.01.1985 - 31.12.2008	24.0 a	100.00 %

Zusätzlich wird das Extremum der Feuchtthermometertemperatur am Standort Buchs / Aarau verwendet, ohne die vollständige Zeitreihe analysiert zu haben (Kapitel 3.4.9.9). Die Zeitreihe der extremen Schneehöhen für den Standort KKN ist vom Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF geliefert worden (Kapitel 3.4.9.8).

3.4.4 Wind

3.4.4.1 Windrichtung

Zur Darstellung der Windrichtungshäufigkeit wird für die richtungsabhängige Zuordnung der Stundenmittelwerte die Klasseneinteilung gemäss VDI-Richtlinie 3786 benutzt (VDI 2000). Diese Klasseneinteilung entspricht einer 12-teiligen Windrose. Die Grenzen der 12 Sektoren liegen fortlaufend in Abständen von 30°, beginnend mit dem Sektor 15° bis 45° bis hin zum Sektor 345° bis 15°. Werte auf den Klassengrenzen werden der Klasse unterhalb der Grenze zugerechnet. Die Mittellinie des Sektors 0° ist durch die Nordrichtung festgelegt; Sektor 0° liegt also zwischen den Gren-

zen 345° und 15°. Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit, die kleiner als 0.5 m/s sind, werden als Kalmen (Windstille) klassifiziert und daher keiner Windrichtung zugeordnet.

In Abbildung 3.4-1 bis Abbildung 3.4-6 sind in der Form von Windrosen die Häufigkeiten der am Standort gemessenen Windrichtungen dargestellt. Tabelle 3.4-2 und Tabelle 3.4-3 enthalten die sektoriellen Windrichtungshäufigkeiten. Es handelt sich dabei um die über einen einundzwanzig-jährigen Zeitraum (1988 - 2008) gemittelten Jahreswerte sowie die Mittelwerte des Sommerhalbjahres (16. April bis 15. Oktober) und des Winterhalbjahres (16. Oktober bis 15. April).

Tabelle 3.4-2 Mittlere Häufigkeit der Windrichtung in 10 m Höhe, Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr

Messhöhe 10 m	Häufigkeit in %		
	Ganzjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr
0°	0.9	1.3	0.5
30°	3.3	4.1	2.5
60°	13.0	12.1	14.0
90°	8.2	7.7	8.7
120°	8.2	9.1	7.3
150°	3.0	2.8	3.1
180°	2.5	2.1	3.0
210°	6.8	4.5	9.1
240°	20.2	15.6	24.9
270°	9.6	10.3	8.9
300°	5.6	7.8	3.3
330°	1.3	2.0	0.5
Kalmen (< 0.5 m/s)	17.4	20.6	14.2

Tabelle 3.4-3 Mittlere Häufigkeit der Windrichtung in 110 m Höhe, Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr

Messhöhe 110 m	Häufigkeit in %		
	Sektor	Ganzjahr	Sommerhalbjahr
0°	1.7	2.1	1.3
30°	4.7	6.1	3.3
60°	20.2	20.2	20.0
90°	6.4	5.9	7.0
120°	1.9	1.9	1.9
150°	1.1	1.1	1.1
180°	1.3	1.1	1.5
210°	3.8	3.6	4.0
240°	26.9	21.2	32.6
270°	15.1	15.1	15.1
300°	6.8	8.7	4.9
330°	3.7	5.5	1.9
Kalmen (< 0.5 m/s)	6.4	7.5	5.4

Der Einfluss der Talführung auf die Verteilung der Windrichtungshäufigkeiten ist durch dominierende Winde auf der West-Südwest - Ost-Nordost - Achse (240°-60°) in 10 m und 110 m Höhe feststellbar.

Darüber hinaus macht sich der zeitweise Einfluss von Luftströmungen lokalen oder regionalen Ursprungs bemerkbar, die zu vermehrten Strömungen abweichend zur Hauptwindrichtung führen. Dieser Einfluss eigenständiger Windsysteme ist im Sommerhalbjahr verstärkt zu verzeichnen, sowohl in 10 m als auch in 110 m Höhe.

In 10 m Höhe sind darüber hinaus noch weitere Einflüsse auf die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung wirksam. Es sind dies die durch Bebauung oder Bewuchs verstärkte Turbulenz oder sonstige aerodynamische Einflüsse, die zu Abweichungen von der Hauptströmungsrichtung führen. Ebenso können spezielle lokale bodennahe Luftströmungen z. B. aus Seitentälern auftreten, die in 110 m Höhe nicht oder kaum vertreten sind.

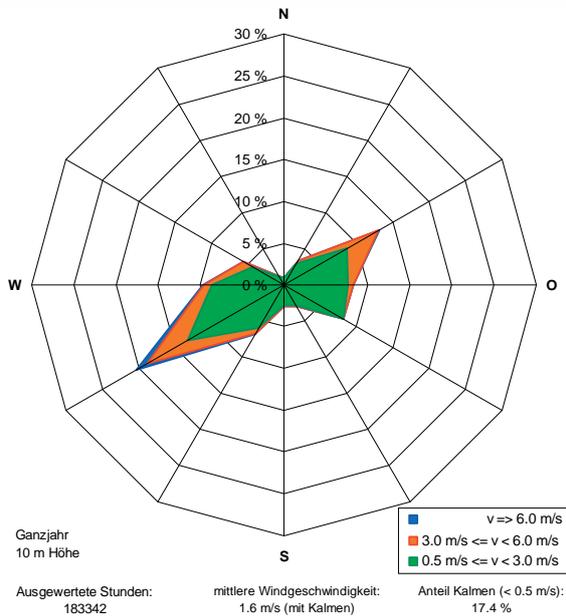


Abbildung 3.4-1
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008,
Ganzjahr

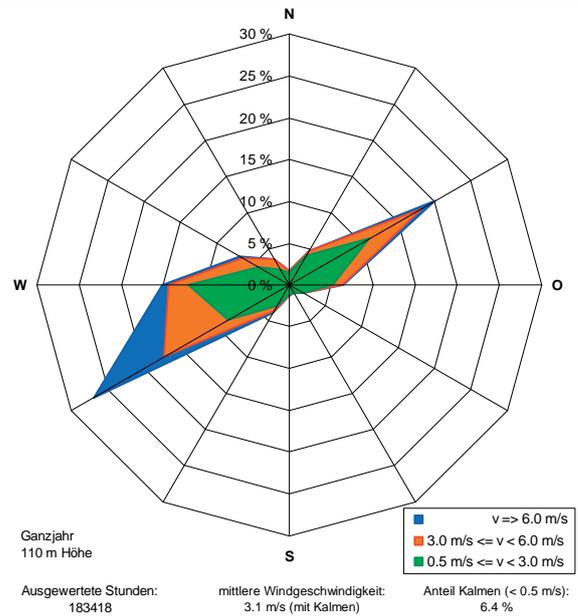


Abbildung 3.4-2
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008,
Ganzjahr

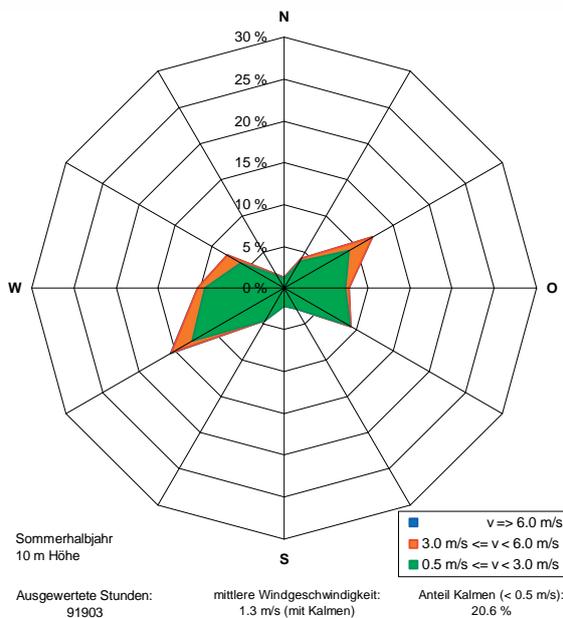


Abbildung 3.4-3
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008,
Sommerhalbjahr

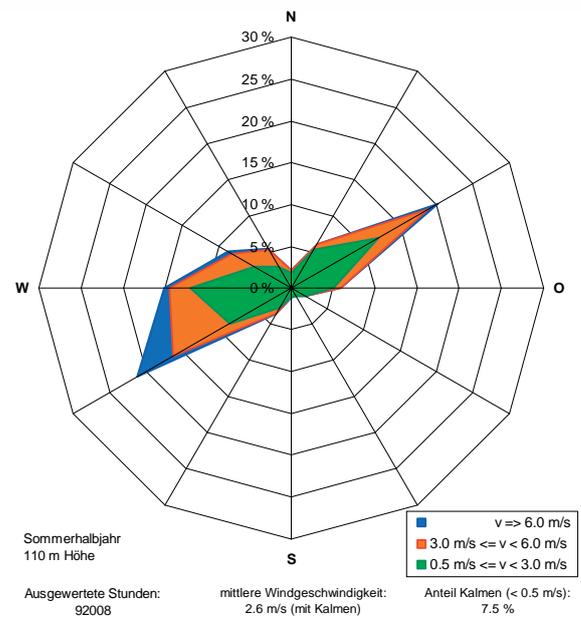
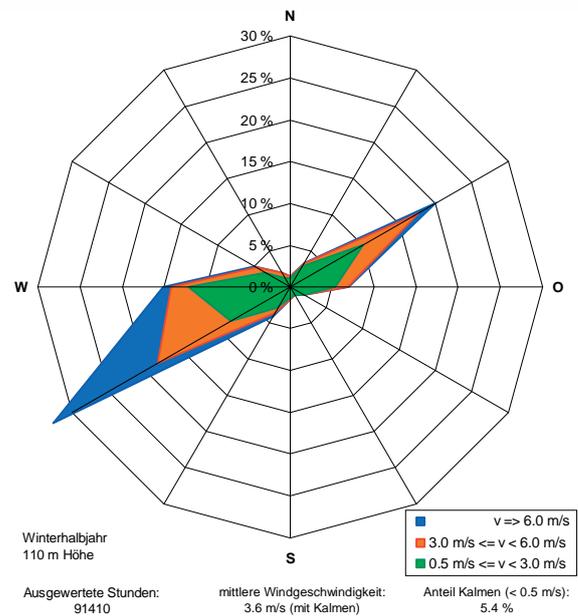
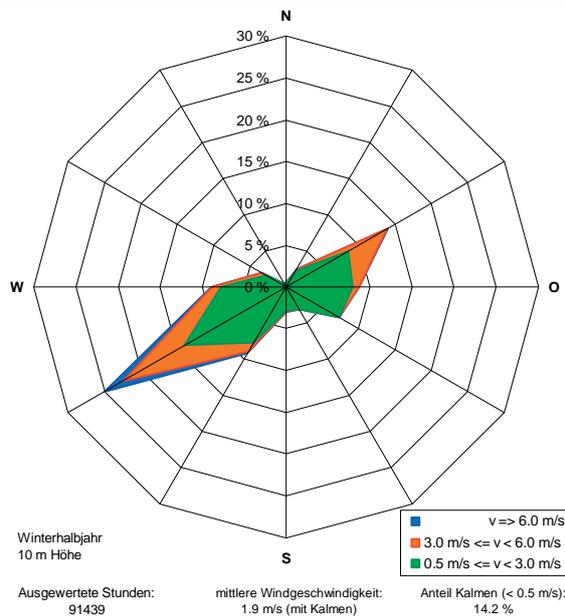


Abbildung 3.4-4
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008,
Sommerhalbjahr



*Abbildung 3.4-5
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode
Januar 1988 - Dezember 2008, Winterhalbjahr*

*Abbildung 3.4-6
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008,
Winterhalbjahr*

3.4.4.2 Windgeschwindigkeit

In der Tabelle 3.4-4 sind Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit mit und ohne Kalmen und die Häufigkeit der Kalmen in den Einzeljahren sowie die Mittelwerte über den Zeitraum von Januar 1988 bis Dezember 2008 zusammengestellt. Durch die Tallage der Messstation bedingt, sind - im Vergleich zu Stationen im Flachland - die Windgeschwindigkeiten relativ gering und die Häufigkeit der Kalmen relativ hoch.

Tabelle 3.4-4 Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit (u) und Häufigkeit der Kalmen (C; u < 0.5 m/s) über den Zeitraum von Januar 1988 bis Dezember 2008 in 10 m und 110 m Höhe

Messhöhe	10 m			110 m		
	u mit Kalmen (m/s)	u ohne Kalmen (m/s)	C (%)	u mit Kalmen (m/s)	u ohne Kalmen (m/s)	C (%)
1988	1.7	2.0	16.8	3.2	3.4	7.4
1989	1.5	1.8	17.5	2.8	3.0	5.6
1990	1.6	1.9	17.7	3.1	3.3	6.5
1991	1.5	1.8	19.0	2.9	3.0	6.4
1992	1.7	1.9	15.1	3.1	3.3	5.3
1993	1.7	2.0	14.6	3.2	3.4	5.3
1994	1.6	1.9	16.1	3.1	3.3	6.7
1995	1.7	2.0	16.9	3.2	3.4	7.6
1996	1.6	1.8	16.3	2.8	3.0	7.0
1997	1.6	1.8	17.5	3.0	3.1	6.7
1998	1.6	1.9	17.3	3.1	3.3	8.1
1999	1.7	1.9	15.8	3.3	3.4	5.2
2000	1.5	1.7	16.3	2.9	3.1	7.8
2001	1.7	1.9	17.0	3.3	3.5	7.8
2002	1.6	1.9	17.4	3.3	3.5	7.4
2003	1.5	1.8	20.3	2.9	3.1	6.7
2004	1.6	1.9	18.7	3.0	3.2	5.0
2005	1.5	1.8	20.6	2.8	3.0	6.2
2006	1.5	1.8	17.9	3.0	3.2	5.4
2007	1.7	2.0	18.0	3.4	3.6	5.0
2008	1.6	1.8	18.8	3.1	3.2	5.7
Gesamtzeitraum	1.6	1.9	17.4	3.1	3.3	6.4

Die Tallage der Messstation macht sich besonders bei den Messergebnissen in 10 m Höhe bemerkbar. Der Anteil der Kalmen liegt hier im Jahresmittel bei 17.4 % (im Sommerhalbjahr 20.6 % und im Winterhalbjahr 14.2 %). Dagegen beträgt der Anteil der Windgeschwindigkeiten mit mehr als 6 m/s nur 2 %. In 110 m Höhe ist mit 6.4 % die Häufigkeit der Kalmen wesentlich geringer, auch wenn sie im Vergleich zu den Werten, die an im Flachland gelegenen Messstationen in Mitteleuropa registriert werden, noch relativ hoch ist.

In Abbildung 3.4-7 ist die Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit in 10 m und 110 m Höhe aufgetragen. In 10 m Höhe sind bereits etwa 70 % der aufgetretenen Windgeschwindigkeiten ≤ 2 m/s und 96 % ≤ 5 m/s. In 110 m Höhe liegen 81 % der verzeichneten Windgeschwindigkeiten ≤ 5 m/s und 96 % unter 10 m/s.

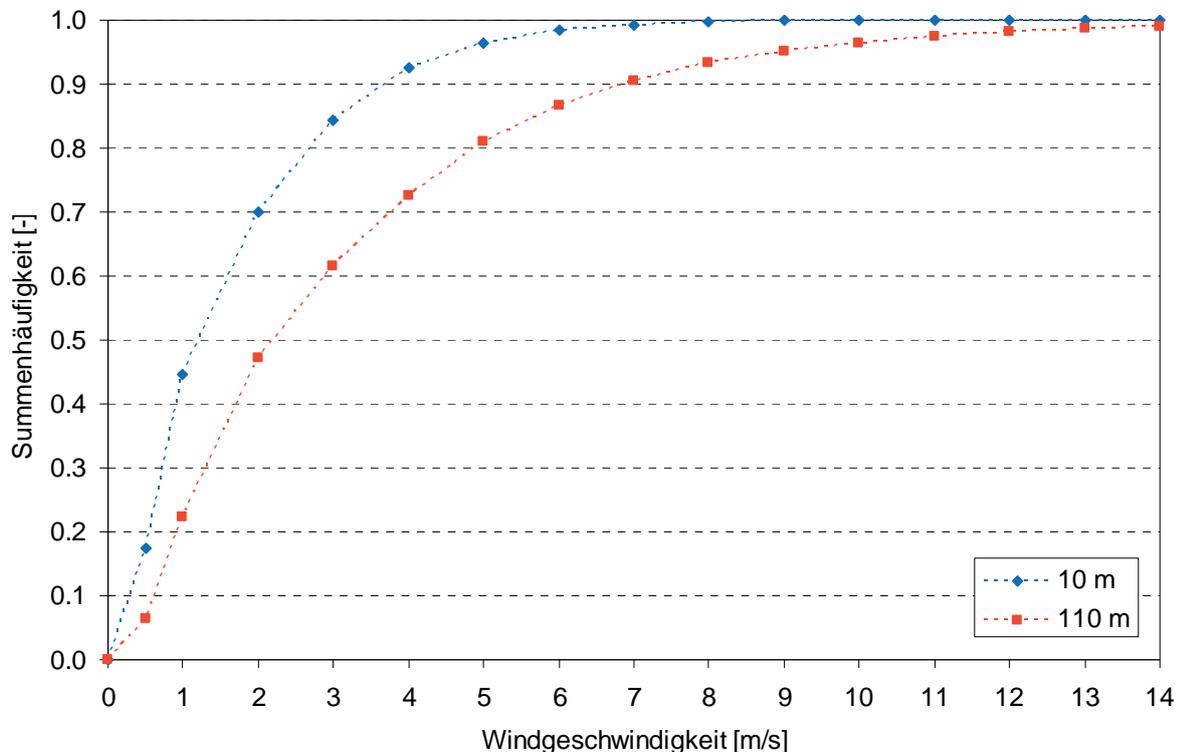


Abbildung 3.4-7 Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit in 10 m und 110 m Höhe, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008

Die maximalen Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit betragen 13.4 m/s (48 km/h) in 10 m Höhe und 22.9 m/s (82 km/h) in 110 m Höhe.

3.4.5 Diffusionskategorien

Zur Darstellung der Ausbreitungssituation wird der Stabilitätszustand der für die Ausbreitung relevanten Luftschicht mit Hilfe von Diffusionskategorien in Klassen eingeteilt. In Verbindung mit den für jede Diffusionskategorie gültigen Ausbreitungsparametern lassen sich auf der Grundlage des Gauss-Modelles Ausbreitungsrechnungen, z. B. als Teil des Rechenganges zur Ermittlung der potentiellen Strahlenexposition, durchführen (AVV 2005, HSK 2008a).

Der atmosphärische Stabilitätszustand wird in die folgenden sechs Diffusionskategorien (Tabelle 3.4-5) eingeteilt, wobei die Bezeichnungen der Verdeutlichung der Eigenschaften der atmosphärischen Schichtung dienen (AVV 2005).

*Tabelle 3.4-5 Diffusionskategorien
(Wetterkategorien gemäss Richtlinie HSK-G14, HSK 2008a)*

Diff.-Kat.	A	B	C	D	E	F
Bezeichnung	sehr labil	labil	leicht labil	neutral	stabil	sehr stabil

Im Hinblick auf die Ausbreitung von Luftbeimengungen bedeutet Labilität der atmosphärischen Schichtung intensive vertikale und horizontale Durchmischung, während im Fall der Stabilität die Durchmischung im Wesentlichen auf die horizontale Richtung beschränkt bleibt.

Aus der Messung der Windgeschwindigkeit und der Bestimmung des Temperaturgradienten in der unteren Atmosphäre lässt sich deren Stabilitätszustand ermitteln. Auf der Basis der vom Standort vorliegenden Daten wird aus der mittleren Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe und dem Temperaturgradienten zwischen 10 m und 110 m Höhe die Diffusionskategorie bestimmt. Grundlage ist das in der Tabelle 3.4-6 wiedergegebene Bestimmungsschema, das der deutschen KTA-Regel 1508 entnommen ist (KTA 2006).

In Tabelle 3.4-7 sind die mittleren Häufigkeiten sowie die minimalen und maximalen Häufigkeiten der Diffusionskategorien im Messungszeitraum 1989 bis 2008 zusammengestellt, und zwar jeweils für das Gesamtjahr, das Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr nach der Richtlinie HSK-G14 (HSK 2008a).

Die Häufigkeitsverteilungen entsprechen in etwa mitteleuropäischen Verhältnissen im Binnenland. Kennzeichnend ist der relativ hohe Anteil der Diffusionskategorie D, die vor allem mit dem in Mitteleuropa häufig auftretenden "Westwetter" verbunden ist. "Westwetter" ist im Winterhalbjahr (Häufigkeit von D: 52.3 %) öfter zu verzeichnen als im Sommerhalbjahr (Häufigkeit von D: 35.7 %). Die stabilen Diffusionskategorien E und F bilden sich, abgesehen bei Hochdrucklagen, vor allem in den Stunden nach Sonnenuntergang bei klarem Himmel aus. Sie werden erst in den Morgen- und Vormittagsstunden mit wachsender Sonneneinstrahlung und Erwärmung des Bodens abgebaut. Kennzeichnend für den Standort ist offensichtlich, dass die stabilen Diffusionskategorien E und F während des Sommerhalbjahres häufiger auftreten als im Winterhalbjahr.

Von den labilen Diffusionskategorien tritt die Diffusionskategorie A nur während der Stunden um die Mittagszeit auf, und zwar bei intensiver Sonneneinstrahlung; naturgemäss ist sie im Sommerhalbjahr öfter vertreten als im Winterhalbjahr.

Tabelle 3.4-6 Bestimmung der Diffusionskategorie aus den Temperaturgradienten dT/dz und der Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 10 m über Störniveau u_{10} gemäss KTA-Regel 1508 (KTA 2006)

Kategoriengrenze	A/B	B/C	C/D	D/E	E/F
u_{10} in m/s	dT/dz in K/100 m				
0.0 ... 0.9	-1.13	-1.03	-0.91	-0.37	+0.78
1.0 ... 1.9	-1.18	-1.05	-0.91	-0.22	+1.12
2.0 ... 2.9	-1.39	-1.18	-0.97	-0.16	+1.25
3.0 ... 3.9	-1.61	-1.33	-1.00	-0.10	+1.32
4.0 ... 4.9	-1.82	-1.48	-1.04	-0.04	+1.39
5.0 ... 5.9	--	-1.62	-1.08	+0.02	+1.46
6.0 ... 6.9	--	-1.77	-1.16	+0.08	--
7.0 ... 7.9	--	--	-1.25	--	--
8.0 ... 9.9	--	--	-1.40	--	--
ab 10.0	alle Werte Kategorie D				

Tabelle 3.4-7 Mittlere sowie minimale und maximale Häufigkeit der Diffusionskategorien im Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr, Januar 1989 - Dezember 2008

Diff.-Kat.	Häufigkeit in %								
	Ganzjahr			Sommerhalbjahr			Winterhalbjahr		
	Mittelwert	min	max	Mittelwert	min	max	Mittelwert	min	max
A	4.4	2.0	7.0	6.6	2.5	11.2	2.3	0.3	4.8
B	6.0	3.9	8.1	8.1	4.4	10.7	3.9	1.3	6.6
C	15.8	11.8	21.2	15.6	11.6	18.9	16.0	6.7	24.5
D	44.1	36.8	49.8	35.7	28.3	42.4	52.3	41.9	64.0
E	14.8	13.1	16.6	15.5	13.2	18.1	14.2	11.3	17.1
F	14.9	11.5	19.5	18.5	15.3	24.1	11.3	6.7	15.2

In Abbildung 3.4-8 bis Abbildung 3.4-19 sind die mit den einzelnen Diffusionskategorien verbundenen Windrichtungshäufigkeiten (Windrosen) dargestellt, und zwar bezogen auf die Windrichtung in 10 m und in 110 m Höhe.

Bei den Diffusionskategorien A, B und D (Abbildung 3.4-8 bis Abbildung 3.4-11 und Abbildung 3.4-14 und Abbildung 3.4-15) herrschen - bedingt auch durch die Talführung - Winde aus West-Südwest vor ("Westwetter"), während bei der Diffusionskategorie C die Ost-Nordostrichtung verstärkt auftritt (Abbildung 3.4-12 und Abbildung 3.4-13). Die Windrosen der Diffusionskategorien B und C enthalten deutliche Hinweise auf autochthone Windsysteme mit Strömungsrichtungen aus (West-) Nordwest (Abbildung 3.4-10 bis Abbildung 3.4-13).

Für die Diffusionskategorien A bis D sind die Windrosen in den Höhen 10 m und 110 m ähnlich. Insbesondere sind bei den labilen Diffusionskategorien A und B und der neutralen Diffusionskategorie C die Häufigkeiten der Kalmen jeweils in 10 m und 110 m Höhe ungefähr gleich.

Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Windrichtungshäufigkeiten bei den stabilen Diffusionskategorien E (Abbildung 3.4-16 und Abbildung 3.4-17) und F (Abbildung 3.4-18 und Abbildung 3.4-19) in den Höhen 10 m und 110 m deutlich. Hier treten in Bodennähe ganz andere Luftströmungen auf als in der Höhe. Eklatant ist dies bei der sehr stabilen Diffusionskategorie F der Fall. Hervorgerufen wird dies durch die bei stabiler Luftschichtung herrschende vertikale Entkopplung der Luftschichten voneinander. Diese Entkopplung ist umso stärker, je stabiler die Verhältnisse in der Atmosphäre sind, was zu ausgesprochenen Windscherungen führen kann.

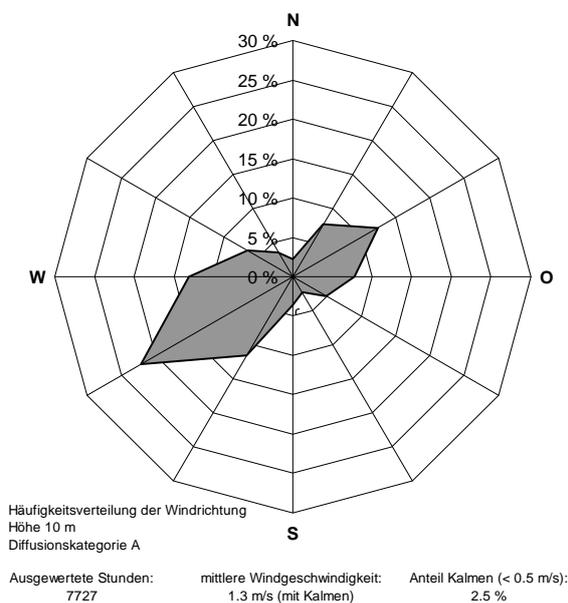


Abbildung 3.4-8
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie A

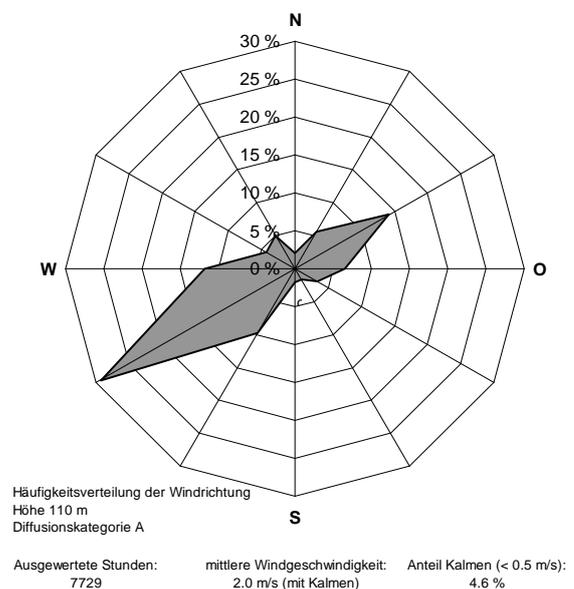


Abbildung 3.4-9
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie A

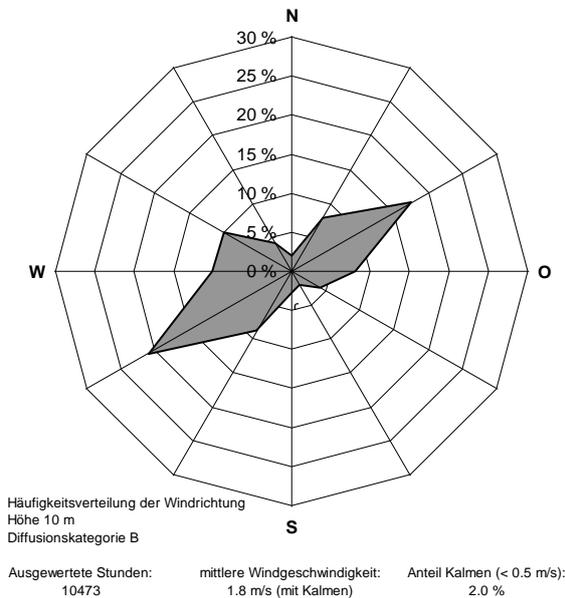


Abbildung 3.4-10
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie B

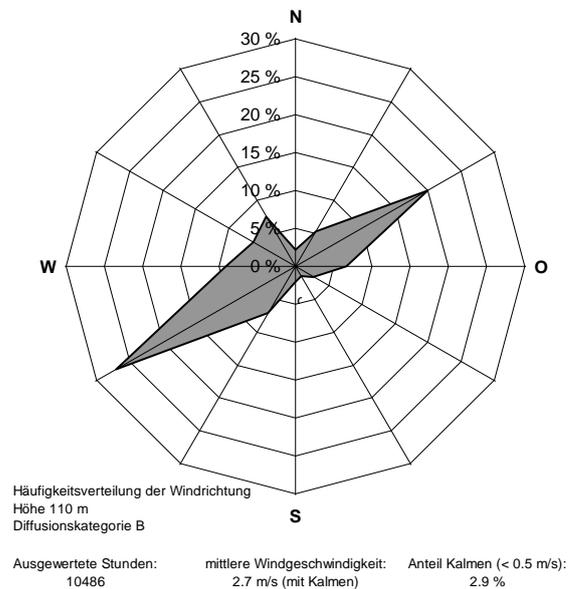


Abbildung 3.4-11
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie B

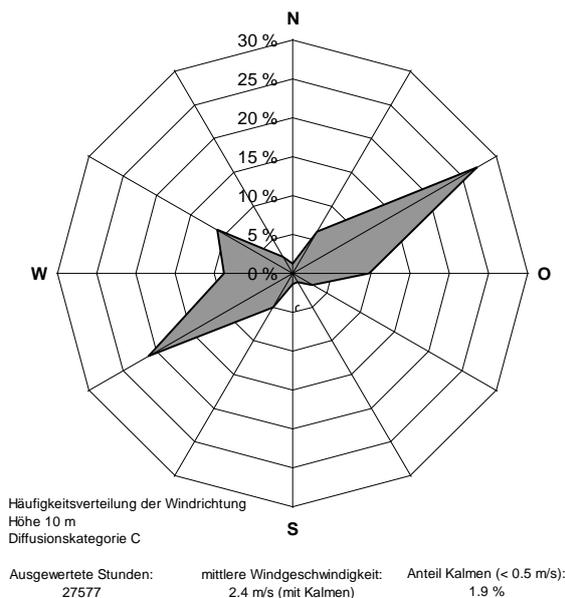


Abbildung 3.4-12
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie C

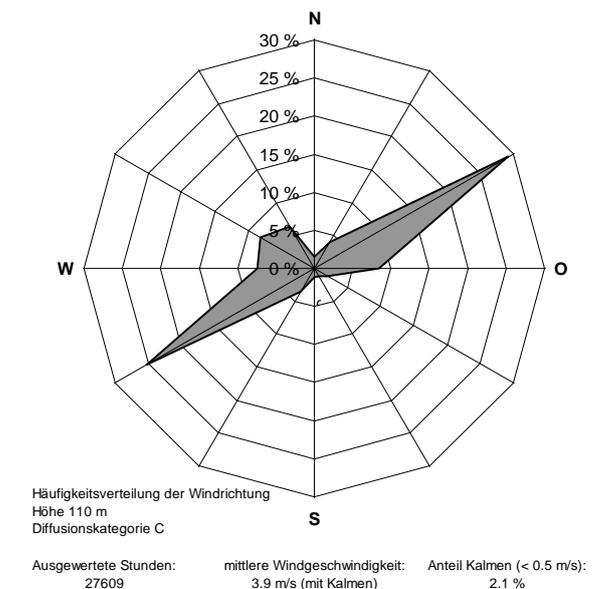


Abbildung 3.4-13
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie C

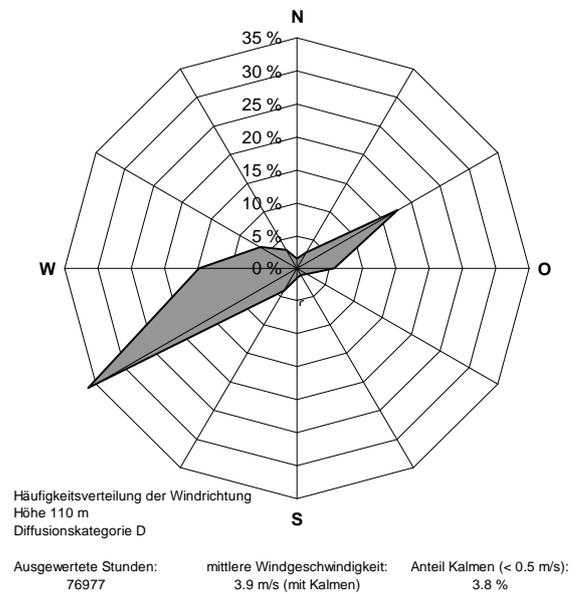
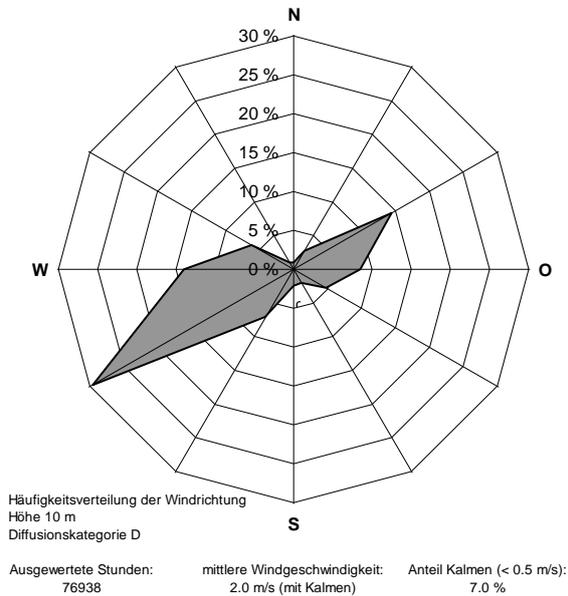


Abbildung 3.4-14
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie D

Abbildung 3.4-15
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie D

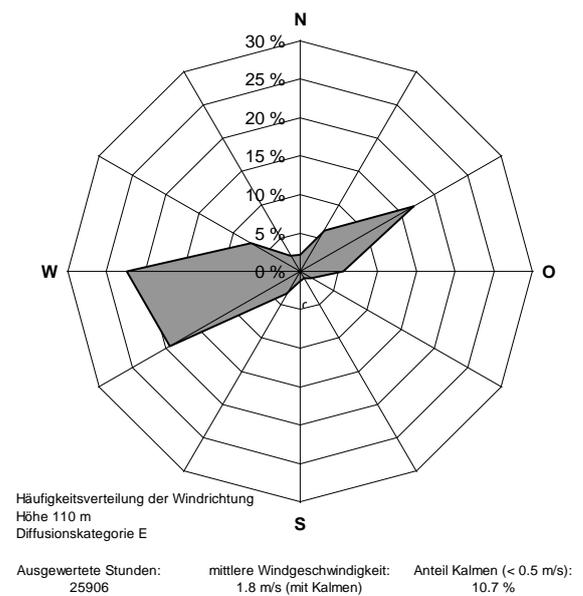
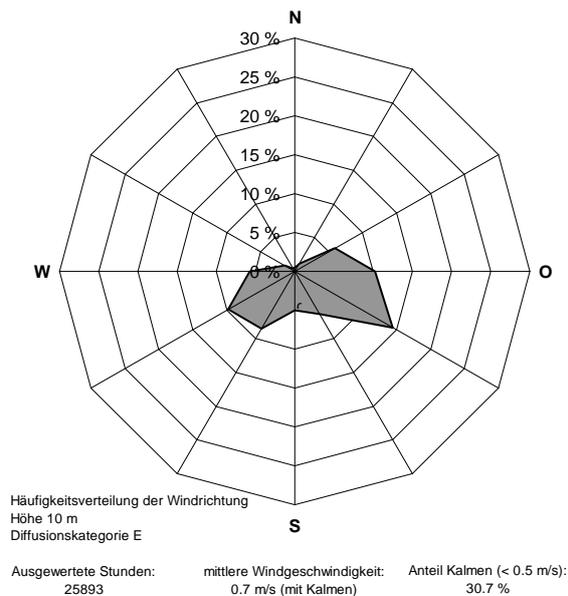


Abbildung 3.4-16
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie E

Abbildung 3.4-17
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie E

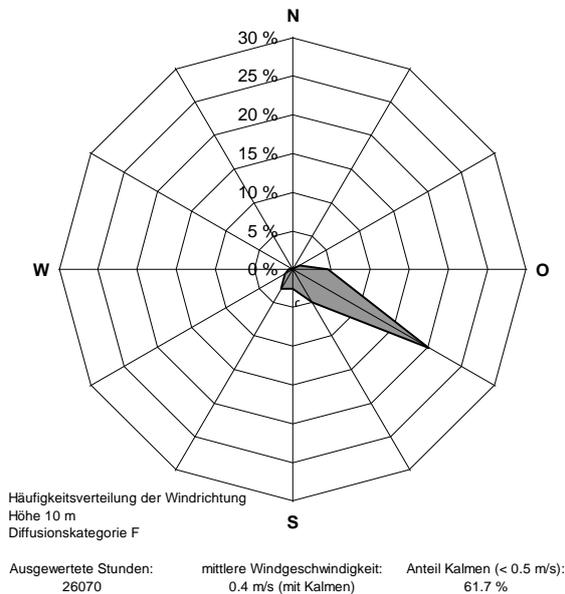


Abbildung 3.4-18
Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie F

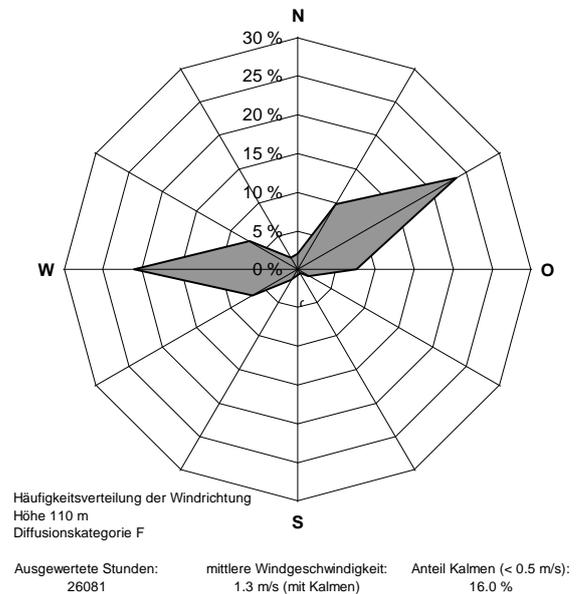


Abbildung 3.4-19
Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m,
Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008,
Diffusionskategorie F

3.4.6 Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik

Auf der Grundlage der Diffusionskategorien und der Windrichtungen in 110 m Höhe wurden zweiparametrische Ausbreitungsstatistiken erarbeitet. Es wurden für das Gesamtjahr und für das Sommerhalbjahr für jeden 30°-Sektor (Windrichtung) und für jede Diffusionskategorie die prozentuale Häufigkeit berechnet. Ausserdem ist den Tabellen für jeden Sektor und jede Diffusionskategorie die mittlere Windgeschwindigkeit in 110 m Höhe zu entnehmen. Tabelle 3.4-8 und Tabelle 3.4-9 stellen in zusammenfassender Form die am Standort herrschenden Ausbreitungsbedingungen im Jahresmittel und im Sommerhalbjahr dar. Diese beiden Zeiträume sind für die Berechnung der langzeitlichen potentiellen Strahlenexposition aufgrund der Ableitungen während des bestimmungsgemässen Betriebes von Bedeutung.

Zur Ausbreitungsrechnung werden auch vierparametrische Ausbreitungsstatistiken verwendet. Die Stundenmittelwerte aus den Windmessungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit) und die aus diesen Windmessungen ermittelten Stundenmittelwerte der Diffusionskategorien sowie die Niederschlagswerte gehen als vierparametrische Ausbreitungsstatistik in die Ermittlung der Strahlenexposition im bestimmungsgemässen Betrieb der Anlage gemäss Richtlinie HSK-G14 (HSK 2008a) ein. Damit beeinflussen sie sowohl die Ermittlung der Abgabelimiten zur Einhaltung der quellenbezogenen Dosisrichtwerte im Betriebsbewilligungsverfahren als auch die Ermittlung der Strahlenexposition im Betrieb der Anlage durch die tatsächlichen, gemessenen Abgaben radioaktiver Stoffe.

Eine vierparametrische Ausbreitungsstatistik, die das Ausbreitungsverhalten in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Diffusionskategorie und Niederschlagsintensität beschreibt, ist in (AF-Colenco 2009g) zu finden.

Tabelle 3.4-8 Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik (Windrichtung, Diffusionskategorie), Ganzjahr, Windrichtungsverteilung und mittlere Windgeschwindigkeit in 110 m Höhe, Datenbasis Zeitraum Januar 1989 bis Dezember 2008

Diff.-Kat. Sektor	Häufigkeit in %						Alle Diff. Kat.	Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)
	A	B	C	D	E	F		
0°	0.09	0.13	0.24	0.63	0.32	0.30	1.7	1.3
30°	0.25	0.31	0.63	1.19	0.91	1.44	4.7	1.5
60°	0.63	1.20	4.60	7.76	2.51	3.51	20.2	3.0
90°	0.29	0.40	1.33	2.48	0.82	1.12	6.4	1.8
120°	0.14	0.16	0.31	0.79	0.24	0.25	1.9	1.0
150°	0.07	0.09	0.18	0.51	0.15	0.10	1.1	1.3
180°	0.08	0.12	0.18	0.65	0.18	0.12	1.3	1.1
210°	0.43	0.43	0.56	1.69	0.50	0.23	3.8	2.1
240°	1.30	1.61	3.98	16.01	2.86	0.99	26.8	5.2
270°	0.52	0.55	1.16	6.49	3.31	3.13	15.2	2.1
300°	0.20	0.38	1.28	2.80	1.09	1.06	6.8	2.5
330°	0.22	0.45	1.01	1.40	0.35	0.26	3.7	2.7
Kalmen (u < 0.5 m/s)	0.20	0.17	0.32	1.67	1.59	2.39	6.4	
Anteil (%)	4.4	6.0	15.8	44.1	14.8	14.9	100.0	
Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)	2.0	2.7	3.9	3.9	1.8	1.3	3.1	

Tabelle 3.4-9 Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik (Windrichtung, Diffusionskategorie), Sommerhalbjahr, Windrichtungsverteilung und mittlere Windgeschwindigkeit in 110 m Höhe, Datenbasis Zeitraum Januar 1988 bis Dezember 2008

Diff.-Kat. Sektor	Häufigkeit in %						Alle Diff. Kat.	Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)
	A	B	C	D	E	F		
0°	0.14	0.21	0.31	0.66	0.40	0.44	2.2	1.2
30°	0.43	0.50	0.82	1.29	1.08	2.01	6.1	1.5
60°	1.02	1.84	4.24	5.72	2.59	4.66	20.1	2.8
90°	0.45	0.53	0.91	1.71	0.84	1.44	5.9	1.5
120°	0.23	0.18	0.22	0.69	0.27	0.33	1.9	1.0
150°	0.11	0.09	0.11	0.47	0.18	0.13	1.1	1.1
180°	0.11	0.11	0.13	0.47	0.19	0.13	1.1	0.8
210°	0.56	0.43	0.47	1.41	0.52	0.26	3.6	1.9
240°	1.77	1.83	3.28	10.70	2.62	0.97	21.2	4.1
270°	0.69	0.70	1.32	5.89	3.31	3.22	15.2	2.0
300°	0.35	0.67	1.91	3.43	1.20	1.19	8.7	2.7
330°	0.41	0.78	1.55	1.81	0.50	0.40	5.4	2.8
Kalmen (u < 0.5 m/s)	0.31	0.25	0.35	1.49	1.74	3.32	7.5	
Anteil (%)	6.6	8.1	15.6	35.7	15.5	18.5	100.0	
Mittlere Windgeschwindigkeit (m/s)	2.0	2.8	3.7	3.1	1.7	1.2	2.6	

3.4.7 Niederschlag

In der Tabelle 3.4-10 sind die über die Periode Januar 1989 bis Dezember 2008 gemittelten monatlichen Niederschläge am Standort sowie im Vergleich dazu für dieselbe Periode die Niederschlagswerte an der Station Buchs / Aarau zusammengestellt.

Tabelle 3.4-10 Monatlicher mittlerer Niederschlag und Jahresmittel, Januar 1989 bis Dezember 2008, am Standort KKN und an der Station Buchs / Aarau

Monat	Mittlere Niederschlagsmenge in mm	
	Standort KKN	Buchs / Aarau
Januar	63	62
Februar	67	67
März	71	73
April	83	82
Mai	94	107
Juni	96	109
Juli	104	108
August	111	106
September	81	85
Oktober	84	84
November	72	76
Dezember	79	84
Summe	1'005	1'043

In der Abbildung 3.4-20 ist der Jahrgang der über die Periode 1989 bis 2008 gemittelten monatlichen Niederschlagsmengen zur Verdeutlichung der saisonalen Schwankungen grafisch dargestellt. Es lässt sich gut ablesen, dass der Jahrgang an beiden Stationen sehr ähnlich ist, wenn man die Monate Mai bis Juni ausblendet, in denen an der Station Buchs / Aarau deutlich mehr Niederschlag als am Standort KKN fällt. Die Differenz in diesen Monaten spiegelt sich in der Jahressumme wieder.

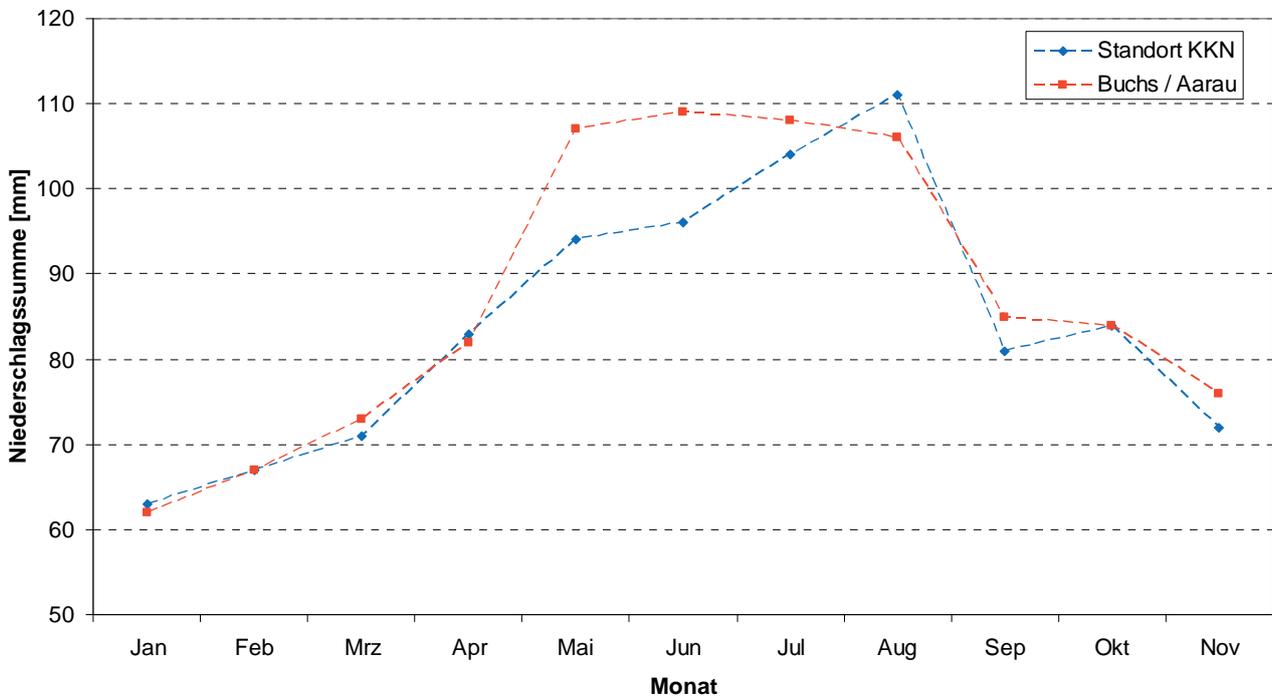


Abbildung 3.4-20 Standort KKN und Station Buchs / Aarau, Niederschlagssumme im Monatsmittel der Einzelmonate (Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008)

Abbildung 3.4-21 bis Abbildung 3.4-23 enthalten die Niederschlagswindrosen für die Windmessungen in 110 m Höhe im Jahresmittel sowie im Mittel über das Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr. Die Niederschlagswindrosen zeigen die relative Häufigkeitsverteilung der Stundenmittelwerte der Windrichtung in 30°-Sektoren und der Windgeschwindigkeit in drei Geschwindigkeitsklassen für Stunden mit Niederschlag. In der Tabelle 3.4-11 sind die zugehörigen Zahlenwerte zusammengestellt. Die Tabelle 3.4-12 ist eine Aufstellung der mittleren Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsintensitätsklassen auf die Windrichtungssektoren. Die verwendete Klasseneinteilung der Niederschlagsintensität entspricht der KTA-Regel 1508 (KTA 2006).

Vorherrschend ist bei Niederschlagsereignissen der Windrichtungssektor 240° (west-südwest), an zweiter Stelle steht - verstärkt im Sommer - der Windrichtungssektor 270° (west). Höhere Niederschlagsintensitäten, insbesondere über 3 mm/h, treten vor allem bei west-südwestlichen Windrichtungen auf.

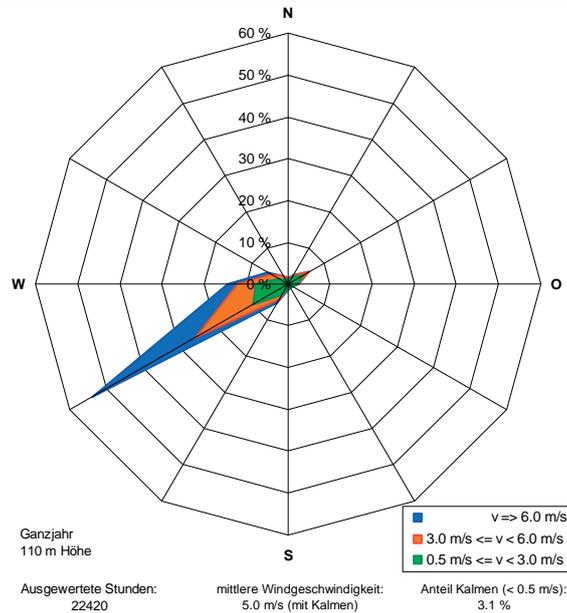


Abbildung 3.4-21 Standort KKN, Niederschlagswindrose, Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Ganzjahr

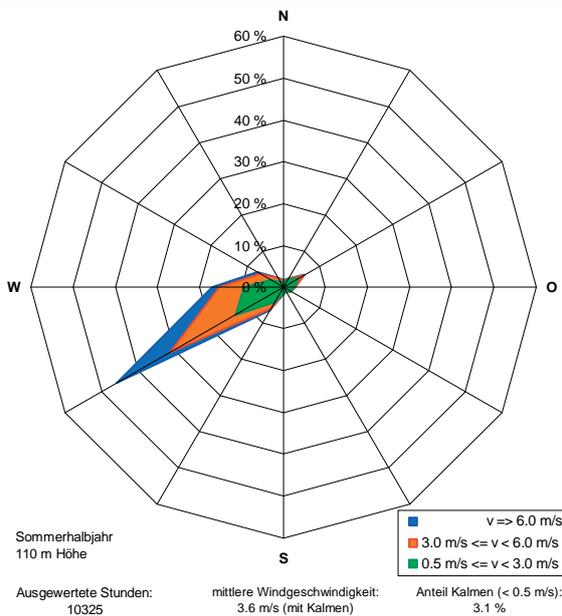


Abbildung 3.4-22 Standort KKN, Niederschlagswindrose, Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Sommerhalbjahr

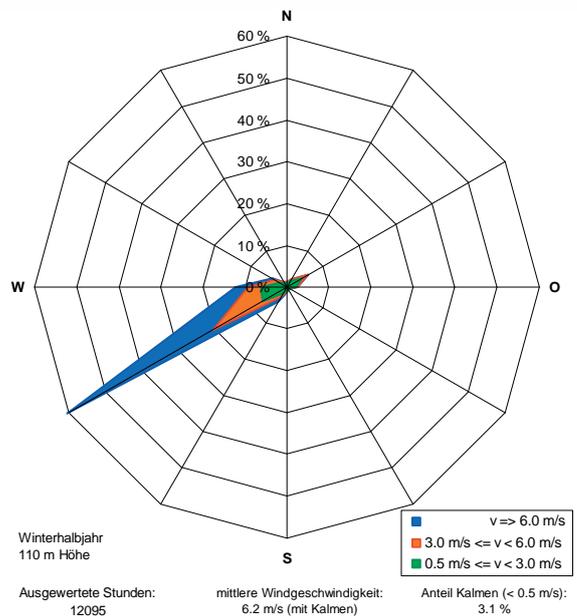


Abbildung 3.4-23 Standort KKN, Niederschlagswindrose, Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Winterhalbjahr

Tabelle 3.4-11 Niederschlagswindrosen im Jahresmittel, im Mittel des Sommer- und des Winterhalbjahres, Bezugshöhe 110 m, Zeitraum Januar 1989 - Dezember 2008

Sektor	Häufigkeit in %, Ganzjahr	Häufigkeit in %, Sommerhalbjahr	Häufigkeit in % Winterhalbjahr
0°	1.5	1.6	1.4
30°	2.3	2.6	2.1
60°	5.9	5.7	6.0
90°	2.6	2.8	2.5
120°	1.4	1.9	0.9
150°	1.0	1.3	0.7
180°	1.6	1.8	1.4
210°	5.0	6.4	3.9
240°	53.7	45.9	60.3
270°	14.3	16.9	12.1
300°	5.5	7.3	4.0
330°	2.1	2.7	1.6
Kalmen (< 0.5 m/s)	3.1	3.1	3.1
Summe	100.0	100.0	100.0

Tabelle 3.4-12 Mittlere Häufigkeitsverteilung der Stunden ohne Niederschlag und der übrigen Niederschlagsklassen in den Windrichtungssektoren, Bezugshöhe 110 m, Zeitraum Januar 1989 - Dezember 2008

Sektor	Mittlere Häufigkeit der Intensitätsklasse in %				Summe in %	
	0 mm/h (Stunden ohne Niederschlag)	0.1 - 0.5 mm/h	0.6 - 3.0 mm/h	> 3.0 mm/h	Insgesamt	Stunden mit Niederschlag
0°	1.51	0.10	0.07	0.02	1.70	0.19
30°	4.43	0.19	0.10	0.01	4.72	0.30
60°	19.44	0.50	0.24	0.02	20.20	0.75
90°	6.11	0.20	0.12	0.02	6.45	0.34
120°	1.72	0.11	0.06	0.01	1.89	0.17
150°	0.97	0.07	0.05	0.01	1.10	0.13
180°	1.14	0.11	0.08	0.01	1.34	0.20
210°	3.20	0.35	0.26	0.04	3.84	0.65
240°	19.82	3.76	2.79	0.31	26.71	6.88
270°	13.34	1.00	0.70	0.14	15.17	1.84
300°	6.11	0.39	0.25	0.06	6.82	0.70
330°	3.43	0.15	0.10	0.01	3.69	0.27
Kalmen (< 0.5 m/s)	5.97	0.26	0.13	0.01	6.37	0.39
Summe	87.19	7.19	4.95	0.68	100.00	12.81

3.4.8 Lufttemperatur

In der Tabelle 3.4-13 sind jeweils die Monatsmittel sowie die monatlichen absoluten Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Lufttemperaturen in 10 m, 60 m und 110 m Höhe aufgeführt. In 10 m Höhe betrug der höchste Stundenmittelwert 36.0 °C im August 2003 und der tiefste Stundenmittelwert -15.4 °C im März 2005.

Tabelle 3.4-13 Mittlere monatliche Temperaturen sowie die absoluten Minima und Maxima der Stundenmittelwerte in 10 m, 60 m und 110 m Höhe, Zeitraum Januar 1988 bis Dezember 2008

Monat	Temperatur (°C) in								
	10 m			60 m			110 m		
	Monatl. Mittel	Abs. Min.	Abs. Max.	Monatl. Mittel	Abs. Min.	Abs. Max.	Monatl. Mittel	Abs. Min.	Abs. Max.
Januar	1.4	-12.9	15.2	1.1	-12.9	14.6	0.9	-12.9	14.5
Februar	2.3	-13.7	17.7	2.2	-13.6	17.0	2.0	-13.2	16.6
März	6.0	-15.4	23.4	6.0	-14.5	23.1	5.8	-14.6	22.5
April	9.1	-2.7	26.4	9.1	-2.8	25.8	8.9	-3.1	25.4
Mai	14.1	1.5	30.1	14.0	1.3	29.9	13.8	1.0	29.4
Juni	17.1	3.5	35.3	17.0	3.4	34.3	16.7	3.4	33.9
Juli	18.9	7.2	34.8	18.8	7.2	34.5	18.6	7.3	33.8
August	18.4	5.5	36.0	18.4	5.9	35.6	18.3	6.2	35.1
September	14.2	1.9	28.1	14.1	1.4	27.7	14.0	1.1	27.2
Oktober	10.2	-5.2	24.9	10.1	-5.0	24.5	9.9	-5.1	24.1
November	4.7	-8.9	18.1	4.4	-8.9	17.7	4.2	-9.1	17.2
Dezember	1.9	-12.4	15.4	1.7	-11.9	14.9	1.4	-12.3	14.7

3.4.9 Aussergewöhnliche und extreme meteorologische Einwirkungen

Für die Beurteilung des Standortes KKN sind aussergewöhnliche und extreme meteorologische Einwirkungen zu untersuchen. Jede meteorologische Einwirkung wird separat beschrieben, ggf. quantifiziert und am Ende jedes Kapitels bewertet.

3.4.9.1 Methodik der extremwertstatistischen Auswertung

In der Verordnung über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (UVEK 2009) ist festgehalten, dass für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle, Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich 10^{-4} pro Jahr zu berücksichtigen und zu bewerten sind. Um die dieser Eintrittshäufigkeit zugehörigen Werte zu ermitteln, werden extremwertstatistische Auswertungen der für die Auslegung der Anlage im Baubewilligungsverfahren relevanten meteorologischen Daten durchgeführt.

Zur Auswertung wird aus der jeweiligen für den Standort verfügbaren Messreihe die Reihe der Jahresextreme gebildet. Ausgewertet werden alle Jahre, in denen mehr als 10 Monate Daten vorhanden sind. An diese Reihe wird mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode die Gumbelverteilung angepasst. Die Gültigkeit der Anpassung wird mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test zum Testniveau 90% in allen Fällen bestätigt. Zusätzlich werden mit Hilfe der Profile-Likelihood die 90% - Konfidenzintervalle der sich ergebenden Gumbelverteilung ermittelt und die Kurven für jede Einwirkung einzeln dargestellt. Zur Veranschaulichung sind den Abbildungen die zugrundeliegenden Jahresextreme als Punkte hinzugefügt. Die den Jahresextremen entsprechenden Häufigkeitswerte werden empirisch aus ihrem Rang in der Reihe der Extreme ermittelt. Dieses Vorgehen entspricht einer Standardauswertung wie sie beispielsweise die Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) für den Wind vorgibt.

3.4.9.2 Wind

Für schwere Stürme wie "Vivian" und "Lothar" sind schweizweit Windgeschwindigkeiten bis zu 270 km/h (Böenspitzen auf dem Grossen Sankt Bernhard) gemessen worden. An der Messstation Gösgen (GOE) von MeteoSchweiz hingegen sind Böenspitzen bis zu maximal 32 m/s (115 km/h) in 10 m Höhe gemessen worden. Der maximal gemessene 10-Minuten-Mittelwert in 10 m Höhe betrug 14 m/s, was ihn zu einem Sturm der Stärke 7 auf der Beaufort-Skala macht. In 110 m Höhe wurden 28 m/s im Zehnminutenmittel gemessen, bei einer maximalen Böenspitze von 43 m/s.

Die oben angegebenen maximalen Böenspitzen galten für Lothar und sind auch die absoluten Maxima für den Zeitraum Februar 1987 bis Dezember 2007, siehe Tabelle 3.4-14.

Tornados sind im Kapitel 3.4.9.3 behandelt.

Zur Ergänzung der vorangehenden Aussagen wurden extremwertstatistische Auswertungen der Böenspitzen in 10 m und 110 m Höhe gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) erstellt.

Zur Bestimmung der Windgefährdungskurve wurden die Jahresmaxima der 10-Minuten-Böenspitzen für die Jahre 1987-2007 in 10 m und 110 m Höhe verwendet, insgesamt 21 Werte. Die längsten in der Schweiz verfügbaren Messreihen der Böenspitzen reichen in das Jahr 1981 zurück. An der benachbarten Station Wynau ist eine solche Zeitreihe vorhanden. Extremwertstatistische Auswertungen der in 10 m Höhe gemessenen Böenspitzen an dieser Station liegen vor (Ceppi 2008). Mit der gleichen Verteilung sind in (MeteoSchweiz 2009a) für den Standort KKN extremwertstatistische Auswertungen durchgeführt worden. Die sich an beiden Stationen ergebenden Extremwertverteilungen der Böenspitzen in 10 m Höhe sind in Verlauf und Grösse der Werte sehr ähnlich. Für diesen Bericht wurden daher die lokal gemessenen Messreihen extremwertstatistisch ausgewertet. Tabelle 3.4-14 zeigt für die Monate des Jahres die mittlere Böenspitzen geschwindigkeit sowie das jeweilige Monatsmaximum in 10 m und 110 m Höhe. Abbildung 3.4-24 und Abbildung 3.4-25 zeigen als Ergebnis der extremwertstatistischen Auswertungen die berechneten Verteilungskurven mit den zugehörigen 90 %-Konfidenzintervallen in beiden Höhen.

Tabelle 3.4-14 Mittlere monatliche Böenspitzen geschwindigkeit sowie die absoluten Maxima der 10-Minuten Böenspitzen in 10 m und 110 m Höhe, Zeitraum Februar 1987 bis Dezember 2007

Monat	Böenspitze (m/s) in			
	10 m Höhe		110 m Höhe	
	Monatliches Mittel	Abs. Max.	Monatliches Mittel	Abs. Max.
Januar	4.0	28.7	5.7	36.7
Februar	3.9	28.7	5.7	32.0
März	3.9	26.7	5.7	36.7
April	3.6	22.2	5.1	29.3
Mai	3.3	20.0	4.7	31.1
Juni	3.1	22.8	4.3	29.2
Juli	3.0	23.0	4.3	29.3
August	2.6	26.0	3.8	29.6
September	2.7	21.5	4.1	28.5
Oktober	2.9	27.0	4.3	35.4
November	3.3	27.6	4.8	32.2
Dezember	4.0	31.6	5.8	42.5

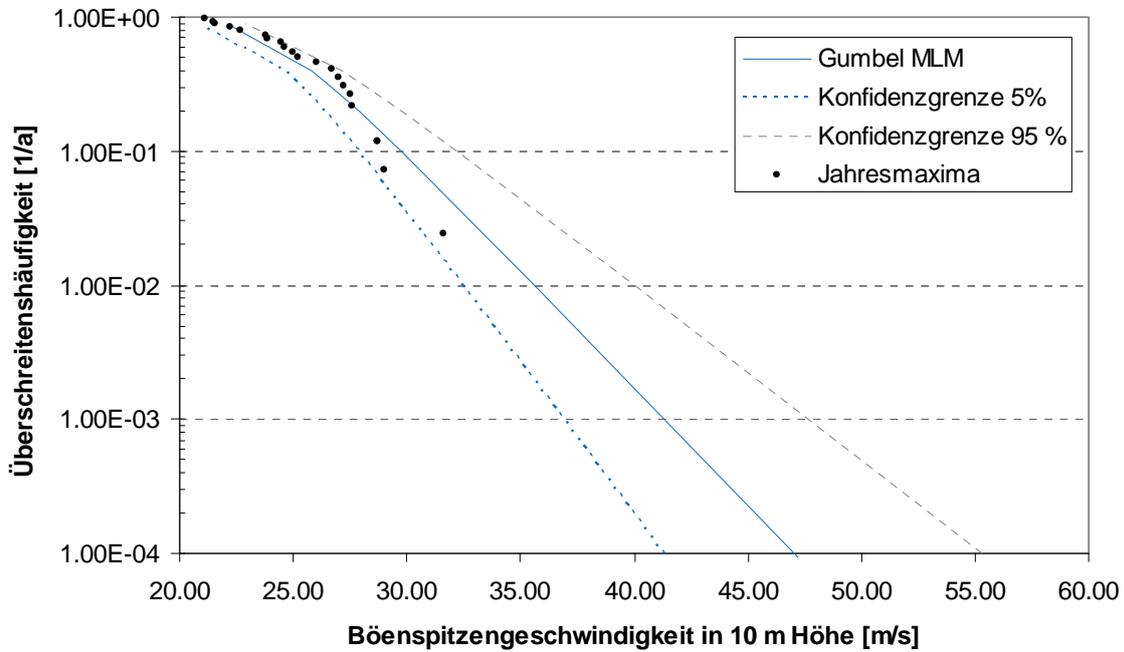


Abbildung 3.4-24 Extremwertauswertung der Böenspitzen in 10 m Höhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall

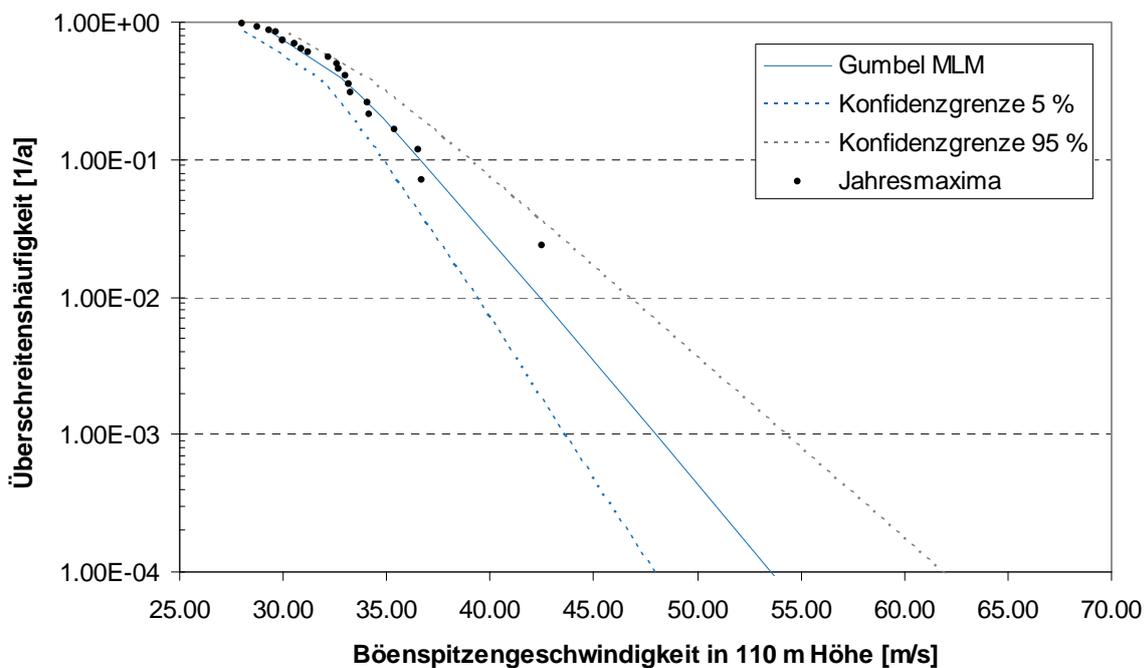


Abbildung 3.4-25 Extremwertauswertung der Böenspitzen in 110 m Höhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall

Die Windgefährdungskurve ordnet den Böespitzen jeweils eine Überschreitenshäufigkeit zu. Für die Überschreitungshäufigkeit von $10^{-4}/a$ werden in 10 m Höhe extreme Böenspitzen von 47 m/s (90 %-Konfidenzintervall von 41 bis 55 m/s) und in 110 m Höhe extreme Böenspitzen von 54 m/s (90 %-Konfidenzintervall von 48 bis 62 m/s) ermittelt.

Bei der Auslegung von Gebäuden gegen Windlasten sind die Windgeschwindigkeiten, z. B. gemäss SIA-Norm 261 (SIA/SN 2003) auf die jeweiligen Gebäudehöhen und in Bemessungsstaudrücke umzurechnen. Hierbei sind die örtlichen Gegebenheiten wie die Geländekategorie, die Bauwerksform und die Anströmrichtung des Windes zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von der Lage der Anströmrichtung zu einem Bauteil wirkt der Wind als Druck oder als Sog. Bei Umströmung eines Bauteils oder Bauwerks wirkt der Wind gleichzeitig auf dem Wind zugewandte Flächen als Druck und auf vom Wind abgewandte Flächen als Sog. Diese Lastkombinationen werden ebenfalls berücksichtigt. Ausserdem wird der Einfluss von Nachbarbebauungen berücksichtigt. Des Weiteren können durch starken Wind Gegenstände durch die Luft geschleudert werden, deren potentielle Schadenswirkung zu berücksichtigen ist.

Die Auslegung gegen Windlasten wird im Baubewilligungsverfahren behandelt.

3.4.9.3 Tornados

Vorkommen von Tornados in der Schweiz und am Standort

Gemäss MeteoSchweiz (MeteoSchweiz 2009a) gibt es in der Schweiz Tornados hauptsächlich im Jura und in der Nordschweiz. Am geplanten Standort im Niederamt und in dessen näherer Umgebung (20 km Radius) gab es in der von MeteoSchweiz ausgewerteten Periode vom Jahr 1890 bis ins Jahr 2005 keine beobachteten Tornados (MeteoSchweiz 2009a, Abbildung 2.10.6.1), woran sich bis heute nichts geändert hat.

Das Ausmass der Schäden durch Tornados wird durch den mittleren Schadensatz angegeben. Der Schadensatz ist ein versicherungs- und volkswirtschaftlicher Begriff und wird durch das Verhältnis der Schadenkosten zum Neuwert definiert. Die aufgrund des Schadensatzes ermittelte Stärke von Tornados wird nach der Fujita (F)-/TORRO (T)-Skala (TorDACH 2008) definiert.

Die intensivste Superzelle in der Schweiz mit der Stärke F3/T6 auf der Fujita-/TORRO-Skala wurde 1982 in Andelfingen (mindestens 45 km vom Standort des KKN entfernt) beobachtet. Die Schäden im Umkreis von ca. 10 - 20 km um Andelfingen waren gross, aber lokal begrenzt. Es gab dabei keine klaren Hinweise auf einen eigentlichen Tornado. Gemäss der Beschreibung der Fujita-/TORRO-Skala entspricht eine Tornadostärke F3/T6 einem Schadensatz von 10 % bei Massivbauten (TorDACH 2008).

Konservative probabilistische Betrachtungen zur Häufigkeit von Tornados am Standort KKN aufgrund der Angaben in der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) werden nachfolgend dargestellt. Diese Berechnungen sind deshalb konservativ, weil die in der Richtlinie ENSI-A05 angegebenen anzunehmenden jährlichen Tornadohäufigkeiten um eine Grössenordnung über den von MeteoSchweiz aus Beobachtungen berechneten jährlichen Tornadohäufigkeiten liegen (MeteoSchweiz 2009a). Die Angaben in der ENSI-A05 basieren auf einer Expertenschätzung. Sie schliessen unbeobachtete Tornados sowie weitere nicht näher quantifizierte Ungewissheiten wie zum Beispiel den Einfluss des Klimawandels ein. Weiterhin ist die vorgegebene Annahme der räumlichen Gleichverteilung des Tornadovorkommens für den Standort KKN extrem konservativ, da in dieser Region, wie eingangs erwähnt bis heute keine Tornados beobachtet wurden (MeteoSchweiz 2009a, Abbildung 2.10.6.1). Bei der Bewertung der Ergebnisse der probabilistischen Betrachtungen ist daher zu beachten, dass in den Eingangswerten quasi deterministische Sicherheitszuschläge enthalten sind.

Probabilistische Betrachtungen gemäss Richtlinie ENSI-A05

Für KKN wurde mit den Vorgaben der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) mit einem geometrischen Ansatz die Auftreffwahrscheinlichkeit von Tornados auf das Hauptareal von KKN unter Berücksichtigung des Schadenszuges berechnet (AF-Colenco 2009e). Für die kleinste Tornadoklasse F0/F1, die nach ENSI-A05 um eine Grössenordnung häufiger auftritt als die nächst höhere Klasse, wird unter Berücksichtigung der Grundfläche von 100'000 m² (10 ha) für das Hauptareal von KKN die Häufigkeit von $3.2 \cdot 10^{-4}/a$ für das Auftreffen auf das Hauptareal ermittelt. Die Häufigkeiten für die stärkeren Tornadoklassen F2 und grösser/gleich F3 sind mit $4.8 \cdot 10^{-5}/a$ und $6.5 \cdot 10^{-5}/a$ entsprechend kleiner. Die höhere Häufigkeit für die Klasse grösser/gleich F3 gegenüber F2 ist auf den grossen Schadenszug für F3 zurückzuführen. Insgesamt ergibt dieselbe Berechnung für Tornados der Stärke F0/F1 eine Überschreitenshäufigkeit von $1.1 \cdot 10^{-4}/a$. Die Überschreitenshäufigkeit der Tornadoklasse F2 liegt mit $6.5 \cdot 10^{-5}/a$ deutlich unter $10^{-4}/a$.

Die Berechnungen zeigen demnach, dass Tornados der Stärke grösser F0/F1 am Standort KKN Häufigkeiten aufweisen, die das "Auslegungsziel" von $10^{-4}/a$ gemäss (UVEK 2009) knapp überschreiten. Tornados mit einer Überschreitenshäufigkeit von 10^{-4} pro Jahr weisen eine Stärke knapp oberhalb von F0/F1, also im untersten Stärkebereich der Tornadoklasse F2, auf.

Zusammenfassung und Bewertung

Der Standort KKN liegt in einem Gebiet mit sehr niedriger Wahrscheinlichkeit für Tornados. Vom Jahr 1890 bis heute sind keine Beobachtungen von Tornados am und in 20 km Umkreis um den Standort dokumentiert.

Konservative Ermittlungen haben ergeben, dass höchstens ein Tornado im untersten Stärkebereich der Klasse F2 der Auslegungsschwelle von $10^{-4}/a$ gemäss (UVEK 2009) entspricht. Die genaue Festlegung kann jedoch erst im Baubewilligungsverfahren erfolgen, wenn das genaue Anlagenlayout und somit die massgeblichen Flächen vorliegen.

Tornados mit Eintretenshäufigkeiten kleiner als die Auslegungsschwelle von $10^{-4}/a$ werden im Betriebsbewilligungsverfahren in probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) gemäss Richtlinie ENSI-A05 berücksichtigt.

Die Auslegung gegen Tornados erfolgt im Baubewilligungsverfahren. Zusätzlich zu den bei Windlasten zu berücksichtigenden Einwirkungen ist der für Tornados charakteristische vertikale Sog im Innern des Tornados zu berücksichtigen.

3.4.9.4 Lufttemperaturen

Die Lufttemperaturen sind hauptsächlich für die Auslegung des Hybridkühlturmes und der Klimaanlage sowie für die Auslegung der für die Nebenkühlwassersysteme im heutigen Planungsstand als Option vorgesehenen Kühlzellen relevant. Der Hybridkühlturm hat im Gegensatz zu einem Teil der Klimaanlage und Kühlzellen keine sicherheitstechnische Relevanz. Falls Kühlzellen zum Einsatz kommen, wären für deren Auslegung voraussichtlich die Anforderungen der KTA-Regel 3301 (KTA 1999) für die zu berücksichtigenden Tageshöchstwerte der Feuchtthermometertemperatur zugrunde zu legen. Diese Auslegung hätte im Baubewilligungsverfahren unter Berücksichtigung der dann aktuellen Temperaturmesswerte zu erfolgen. Hierzu könnten die Messwerte der neuen SwissMetNet Station Gösgen hinzugezogen werden, die seit Juni 2008 u. a. die Luftfeuchtigkeit, den Luftdruck und die Lufttemperatur misst. Mit diesen Messwerten könnte eine Vergleichsstation mit der für die Auslegung benötigten Langzeit-Zeitreihe bestimmt werden.

3.4.9.5 Starkniederschläge

In der Tabelle 3.4-15 sind die aus den Niederschlagsmessungen am Standort abgeleiteten mittleren monatlichen Niederschlagsintensitäten der 10-Minuten-Intervalle mit Niederschlag sowie die absoluten Maxima der 10-Minuten-Niederschlagsintensität für den Zeitraum von Januar 1989 bis Dezember 2007 zusammengestellt.

Tabelle 3.4-15 Mittlere monatliche Niederschlagsintensität der 10-Minuten-Intervalle mit Niederschlag sowie die absoluten Maxima der 10-Minuten-Niederschlagsintensität, Zeitraum Januar 1989 bis Dezember 2007

Monat	Niederschlagsintensität [mm/10min]	
	Monatliches Mittel	Absolutes Maximum
Januar	0.22	3.6
Februar	0.21	2.8
März	0.23	8.9
April	0.24	12.3
Mai	0.31	8.2
Juni	0.38	19.3
Juli	0.44	15.9
August	0.41	10.8
September	0.31	5.4
Oktober	0.27	5.3
November	0.22	3.2
Dezember	0.22	4.1

Die Niederschlagsaufzeichnungen von 1989 bis 2008 wurden extremwertstatistisch mit der Gumbelverteilung, die häufig in der Niederschlagsstatistik verwendet wird (DWA 1985), ausgewertet und die Anpassung mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test erfolgreich bestätigt. Es ergibt sich die Extremwertverteilung der 10-Minuten-Niederschläge, die in der Abbildung 3.4-26 gezeigt ist. Für die Überschreitungshäufigkeit von $10^{-4}/a$ werden 34 mm/10 min (90 %-Konfidenzintervall von 27 bis 46 mm/10 min) ermittelt.

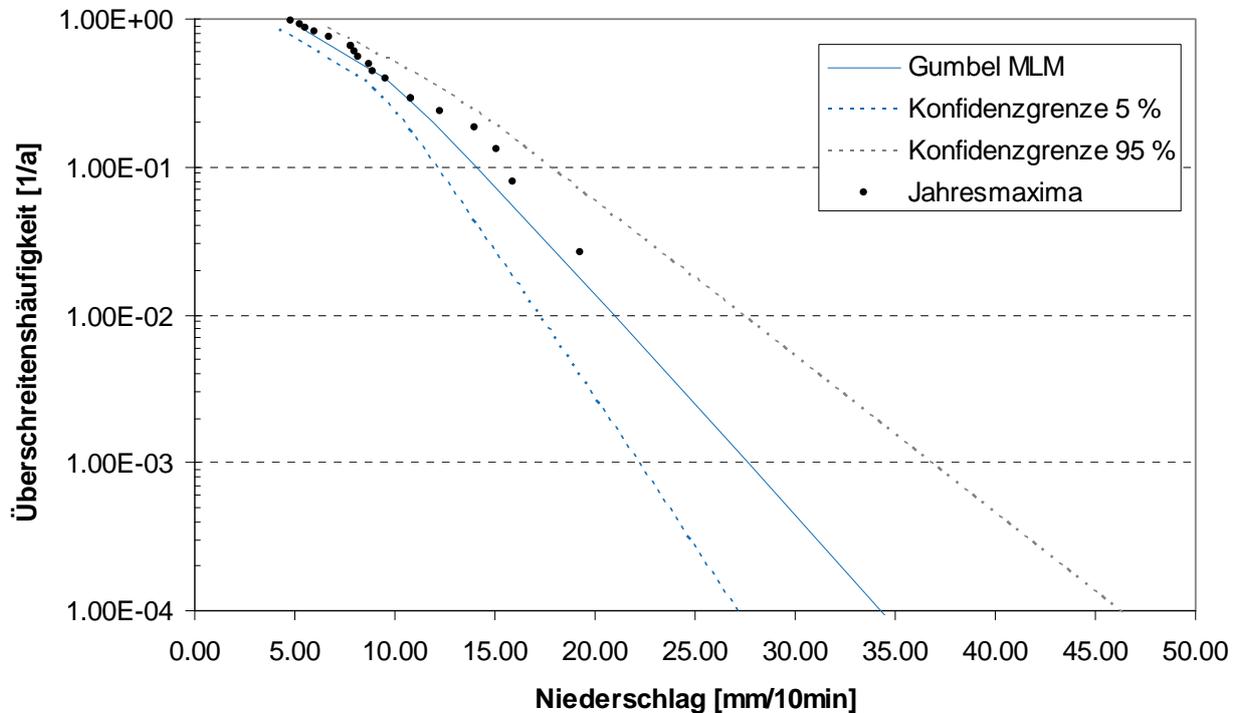


Abbildung 3.4-26 Extremwertauswertung der 10-Minuten-Niederschläge am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall

Für die Auslegung der Dachflächen- und Geländeentwässerung sind Starkniederschläge verschiedener Dauerstufen im Hinblick auf ihre Auswirkungen zu untersuchen und entsprechend bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Die Auslegung erfolgt im Baubewilligungsverfahren.

3.4.9.6 Hagel

Die Hagelbildung ist eng an die Gewitterbildung gekoppelt. Die Gebiete mit der grössten Hagelgefahr in der Schweiz liegen entlang des Alpennordrandes sowie im südlichen Tessin. Der Standort KKN liegt in einem Gebiet mit leicht erhöhter Hagelgefahr (MeteoSchweiz 2009a). Diese Einschätzung basiert auf Schadenserhebungen der Schweizerischen Hagel-Versicherungs-Gesellschaft und orientiert sich an dem Schadenswert. Die Schadenswerte zeigen derzeit eine zunehmende Tendenz, weil im konventionellen Bau vermehrt hagelempfindliche Materialien eingesetzt werden. Zumindest für die sicherheitsrelevanten Gebäude eines Kernkraftwerkes kommen derartige Materialien und Bauweisen nicht in Frage.

In der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) wird dem Phänomen Hagel keine sicherheitstechnische Relevanz beigemessen, da Hagel für die probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) nicht zu berücksichtigen ist.

3.4.9.7 Blitzschlag

Gemäss (MeteoSchweiz 2009a) beträgt die mittlere Dichte von Wolken-Boden Blitzen am Standort KKN für die Periode 2000 bis 2007 1.4 Blitze pro km² und Jahr. Dieser Wert wird als Mittelwert der 25 benachbarten 1 km² Rasterpunkte um den Standort, deren Werte zwischen 0.5 und 2.4 Blitze/a/km² schwanken, gebildet. MeteoSchweiz erachtet die Blitzverteilung der Jahre 2000 - 2007 als repräsentativ für die Blitzverhältnisse in der Schweiz.

Der Wert der Blitzdichte am Standort entspricht in etwa dem Schweizer Durchschnitt von 1.5 Blitzen pro km² und Jahr. Die höchsten Blitzdichten werden im Südtessin (ca. 4 Blitze/a/km²), entlang der nördlichen Voralpen sowie im Jura (je 2 bis 3.5 Blitze/a/km²) beobachtet.

Freileitungen und Freiluftschaltanlagen sind heute schon durch spezielle Massnahmen gegen Blitzschlag geschützt. Der Trend zu gekapselten Innenraumschaltanlagen wird künftig noch einen höheren Schutz bringen.

Der Schutz des Kraftwerkes, insbesondere der für die Sicherheit wichtigen Gebäude und Komponenten, gegen Blitzeinschlag erfolgt unabhängig von der Blitzdichte deterministisch durch innere und äussere Blitzschutzmassnahmen gemäss den einschlägigen Regeln der Technik, u. a. SEV, KTA. Das Blitzschutzkonzept der Gesamtanlage wird im Rahmen der G1-Unterlagen gemäss Anhang 4 (KEV 2004) und Anhang 3 der Richtlinie HSK-R-30 (HSK 1992a) erstellt und mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht. Die Details der Blitzschutzmassnahmen werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

3.4.9.8 Schnee

Das WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF hat für den Bericht (MeteoSchweiz 2009a) die für den Standort KKN anzuwendenden jährlichen Maximal-Schneehöhen für die Jahre 1960 bis 2008 ermittelt. Dazu wurden Aufzeichnungen der Schneehöhe der entsprechenden Jahre an den Stationen Basel, Buchs, Hallau, Rheinfelden, Wynau und Zürich verwendet und räumlich auf den Standort KKN übertragen. Die sich so ergebende Reihe der Jahresextrema der Schneehöhe am Standort KKN wurde nach oben dargestellter Methode extremwertstatistisch ausgewertet. Die Abbildung 3.4-27 zeigt die Extremwertverteilung der Schneehöhe mit 90 %-Konfidenzintervall.

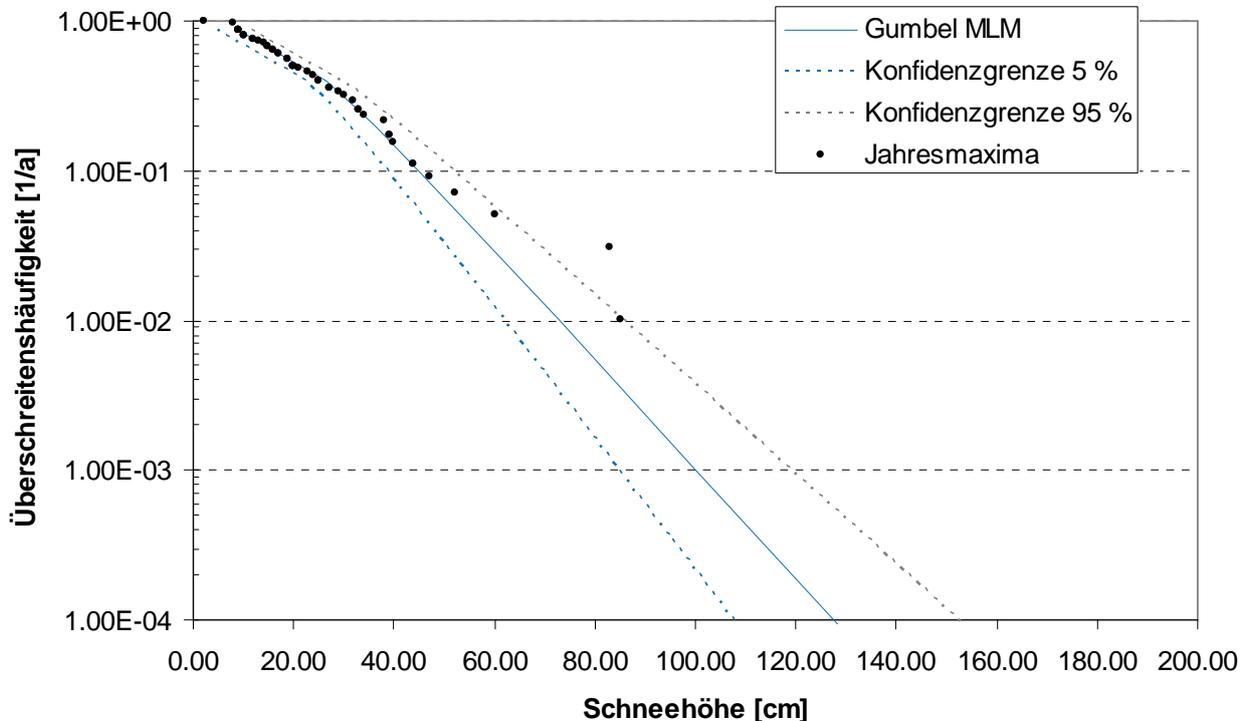


Abbildung 3.4-27 Extremwertauswertung der Schneehöhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall

Für die Überschreithäufigkeit von $10^{-4}/a$ ergibt sich ein Wert von 127 cm mit dem 90 %-Konfidenzintervall 108 cm bis 153 cm.

Die Auslegung gegen Schneelasten wird im Baubewilligungsverfahren behandelt.

3.4.9.9 Vereisung

Vereisungssituationen entstehen bei hoher Luftfeuchtigkeit bzw. Regen oder Nassschnee und Temperaturen um den Gefrierpunkt oder darunter. In der ausgewerteten Periode sind am Standort KKN Stundenmittelwerte der Lufttemperatur (in 10 m Höhe) bis $-15,4\text{ °C}$ dokumentiert (Kapitel 3.4.8). Luftfeuchtigkeit wurde am Standort KKN bis zur Inbetriebnahme der neuen SwissMetNet Station nicht gemessen. Die tiefste Feuchttthermometer-temperatur an der Station Buchs / Aarau, ca. 8 km ostnordöstlich vom Standort KKN, betrug $-16,2\text{ °C}$ (Januar 1998 bis Dezember 2007). Auswertungen in (MeteoSchweiz 2009a) haben gezeigt, dass am Standort KKN mit etwa 10 Situationen pro Jahr zu rechnen ist, bei denen die meteorologischen Bedingungen für Vereisungen erfüllt sind.

Bei Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt kann eine Vereisung die Funktion von betrieblichen wie auch von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen beeinträchtigen. Massnahmen zur Sicherstellung der Verfügbarkeit sind daher angezeigt.

Die Luftzufuhr für sicherheitsrelevante Systeme, wie z. B. Notstromsysteme oder, falls vorhanden, die Kühlzellen für die Kühlung des Nebenkühlwassers wird durch konstruktive bzw. technische Massnahmen (Anordnung der Ansaugöffnungen, kleine Ansauggeschwindigkeit, Beheizung) sichergestellt. Die Massnahmen sind abhängig vom Anlagentyp und Lieferanten und werden im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens behandelt. Andererseits werden auch Massnahmen am nicht sicherheitsrelevanten Hybridkühlturm getroffen, die den störungsfreien Betrieb bei sehr tiefen Temperaturen ermöglichen.

Andere Vereisungseffekte wie z. B. eine Vereisung von Meteorwassersystemen können durch geeignete technische Massnahmen unterdrückt werden und werden im Baubewilligungsverfahren behandelt.

In der Schweiz sind im Gegensatz zum Ausland keine Störfälle im Höchstspannungsnetz bekannt, die ursächlich auf Vereisung der Leiterseile zurückzuführen sind. Im Unterschied zum Ausland führt die weitgehende Verkabelung der regionalen Stromverteilung kaum zu vereisungsbedingten Lastabwürfen auf dem Höchstspannungsnetz und verringert dadurch dessen Risiko zur Vereisung aufgrund minimaler Lastverhältnisse markant.

Die statischen Berechnungsgrundlagen für Starkstromfreileitungen, Tragwerke und Fundamente sind in der Leitungsverordnung (LeV 1994) geregelt. Bedingt durch die topographische und die geographische Lage der Schweiz sind die Vorschriften im Leitungsbau im Vergleich zum Ausland konservativ. Sehr lange Abspannstrecken, wie in anderen Ländern üblich, sind in der Schweiz nicht zu finden. Störungen aufgrund von starker Vereisung der Höchstspannungsleitungen sind in der Schweiz deshalb nicht zu erwarten.

3.4.10 Ausblick über die zukünftig zu erwartenden Änderungen von meteorologischen Daten

3.4.10.1 Allgemeine Lage für die Nordschweiz

Die bisherigen Auswirkungen der Klimaänderung in der Schweiz können z. B. Berichten des BAFU (BAFU 2007) und des UVEK (UVEK 2003) entnommen werden.

Einen guten Überblick über die in Zukunft zu erwartenden Auswirkungen der globalen Klimaänderungen auf die Umwelt in der Schweiz liefern die jüngsten OcCC/ProClim-Berichte (OcCC 2007, OcCC 2008).

Danach verläuft die erwartete Erwärmung des Klimas bis ins Jahr 2050 noch weitgehend unabhängig von weltweiten Emissionsminderungsmassnahmen, da sich diese erst längerfristig massgeblich auswirken können. Sofern die Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahrzehnten nicht massiv gesenkt werden, könnten die Folgen der Erwärmung in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts deutlich stärker ausfallen als nachfolgend für die Zeit bis ins Jahr 2050 dargestellt.

Im Bericht (OcCC 2007) wird bis ins Jahr 2050 von einer Erwärmung in der Nordschweiz von rund 1.8 bis 2.1 °C (95 %-Konfidenzintervall 0.8 bis 3.5 °C) im Herbst, Winter und Frühjahr sowie von 2.7 °C im Sommer (95 %-Konfidenzintervall 1.4 bis 4.7 °C) gegenüber 1990 ausgegangen. Bei den Niederschlägen wird von einer Zunahme um 8 % (95 %-Konfidenzintervall -1 bis +21 %) im Winter und einer Abnahme von rund 17 % (95 %-Konfidenzintervall 7 bis 31 %) im Sommer ausgegangen. Es muss mit einer Zunahme von extremen Niederschlägen und damit auch von Hochwassern und Murgängen speziell im Winter, aber möglicherweise trotz geringerer Gesamtniederschläge auch im Sommer gerechnet werden. Im Sommer nimmt die Häufigkeit von Hitzewellen generell zu, wahrscheinlich auch die von Trockenperioden. Eine Abnahme der Häufigkeit winterlicher Kältewellen ist dagegen zu erwarten.

Vor allem in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts kann die Entwicklung durch Emissionsreduktionsmassnahmen massgeblich beeinflusst werden. Solche Massnahmen sind in der nachfolgend dargestellten weiteren Entwicklung bis ins Jahr 2070 nicht berücksichtigt. Im Bericht (OcCC 2007) wird bis ins Jahr 2070 gegenüber 2050 von einer zusätzlichen Erwärmung in der Nordschweiz von rund 0.8 °C (95 %-Konfidenzintervall 0.3 bis 1.7 °C) im Herbst, Winter und Frühjahr sowie von 1.1 °C im Sommer (95 %-Konfidenzintervall 0.5 bis 2.3 °C) ausgegangen. Bei den Niederschlägen wird von einer weiteren Zunahme um 3 % (95 %-Konfidenzintervall 0 bis 9 %) im Winter und einer Abnahme von rund 6 % (95 %-Konfidenzintervall 2 bis 10 %) im Sommer ausgegangen.

Im schweizerischen Durchschnitt wird bis 2100, sofern die Treibhausgasemissionen nicht eingeschränkt werden, mit einer Zunahme der Sommertemperaturen um 3.5 bis 7 °C gegenüber 1990 gerechnet (OcCC 2008). Weiterhin könnten die mittleren Sommerniederschläge bis 2100 um 30% abnehmen.

Extremereignisse

Die Klimaänderung wird sich auch auf die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen auswirken. Ausmass und Charakter der Änderungen werden je nach Ort und Art der Ereignisse unterschiedlich ausfallen. Quantitative Abschätzungen sind noch sehr unsicher. Der heutige Wissensstand legt nahe, dass Kältewellen und Frostperioden in der Schweiz seltener vorkommen werden, Hitzewellen und Sommertrockenheit dafür häufiger. Starkniederschläge dürften in allen Jahreszeiten, ausser im Sommer, zunehmen. Bei anderen Wetterextremen, wie Stürmen oder Hagel, ist der Einfluss der Klimaänderung noch nicht ausreichend verstanden (OcCC 2008).

Temperaturextreme

Durch den Anstieg der mittleren Sommertemperatur werden Hitzeperioden mit höheren Temperaturen auftreten. Auch die Variabilität der mittleren Sommertemperaturen wird gemäss Klimamodell-Rechnungen zunehmen, was ebenfalls zu mehr Hitzeperioden mit höheren Temperaturen führen wird. Die Klimamodelle zeigen einen grösseren Anstieg der absoluten Maximaltemperaturen als des durchschnittlichen Tagesmaximums.

Stürme und Tornados

Aussagen zur zukünftigen Entwicklung von starken und extremen Stürmen, insbesondere zur Entwicklung kleinräumiger, eher lokaler Phänomene sind sehr unsicher (MeteoSchweiz 2009a).

Die Entstehung von starken Tornados hängt stark mit der Bildung intensiver Gewitterherde zusammen. Diese zu quantifizieren ist aktuelles Forschungsthema, derzeit liegen keine Aussagen vor (MeteoSchweiz 2009a). In den Untersuchungen zum Tornadovorkommen (vgl. Kapitel 3.4.9.3) ist konservativ implizit bereits ein Anstieg berücksichtigt.

Hagel

Die zukünftige Entwicklung der Häufigkeit starker Hagelschläge hängt von der zukünftigen Entwicklung intensiver Gewitterherde ab, da Hagelschläge praktisch nur im Zusammenhang mit solchen Ereignissen vorkommen (MeteoSchweiz 2009a).

Für Extremereignisse wie Hagel- und Gewitterstürme ist der Einfluss der Klimaänderung auf deren Häufigkeit noch nicht ausreichend verstanden (OcCC 2008).

Kälteperioden, Vereisung

Die Häufigkeit von Kälteperioden und die Anzahl Frosttage werden in der Zukunft weiter abnehmen. Im Winter werden die Minimaltemperaturen stärker ansteigen als die Durchschnittstemperaturen (UVEK 2003, BAFU 2007, OcCC 2007).

Niederschläge

Im Schweizer Mittelland sind zum heutigen Zeitpunkt keine eindeutigen Trends für den mittleren Jahresniederschlag erkennbar (MeteoSchweiz 2009a). Es scheint jedoch eine jahreszeitliche Verschiebung des Niederschlages vom Sommer in den Herbst und Winter stattzufinden. Zudem haben intensive Niederschlagsereignisse in diesen Jahreszeiten zugenommen. Starkniederschläge dürften in allen Jahreszeiten, ausser im Sommer, zunehmen (OcCC 2008).

Schnee

Gemäss (OcCC 2007) werden in der Zukunft die Niederschläge häufiger als Regen anstatt als Schnee fallen. Die Nullgradgrenze im Winter und die Schneefallgrenze werden mit der Erhöhung der Lufttemperatur auch erhöht. Die Schneehöhen und die Anzahl Tage mit Schnee werden im Mittelland abnehmen (BAFU 2007).

3.4.10.2 Auswertung von Beobachtungen am Standort KKN

Die oben getroffenen Aussagen zum Klimawandel bis 2050 beziehen sich auf das Referenzjahr 1990. Unabhängig vom genauen zeitlichen Verlauf der ermittelten Änderungen im Klima sollte sich in den am Standort Gösgen von 1988 bis 2008 aufgezeichneten Messreihen dieses Signal wiederfinden lassen. Daher werden die Beobachtungen von Lufttemperatur und Niederschlag jahresweise aggregiert und in ihrem Verlauf jahresweise sowie saisonal dargestellt. Ergänzt wird jeweils eine lineare Ausgleichsgerade, die die tendenzielle Entwicklung über die Zeit annähern und orientierend darstellen soll. Sie hat keine statistische Relevanz im Sinne einer Trenduntersuchung.

Lufttemperaturen

In der Abbildung 3.4-28 sind für die Jahre 1989 bis 2008 die jährlichen und saisonalen mittleren Temperaturen aufgetragen. Winter und Sommer sind hier jeweils als Dreimonatsperioden ermittelt. Der Winter geht vom Dezember des Vorjahres bis zum Februar, während der Sommer die Monate Juni bis August umfasst. Das Jahr geht für diese Auswertungen entsprechend vom Dezember des Vorjahres bis zum November.

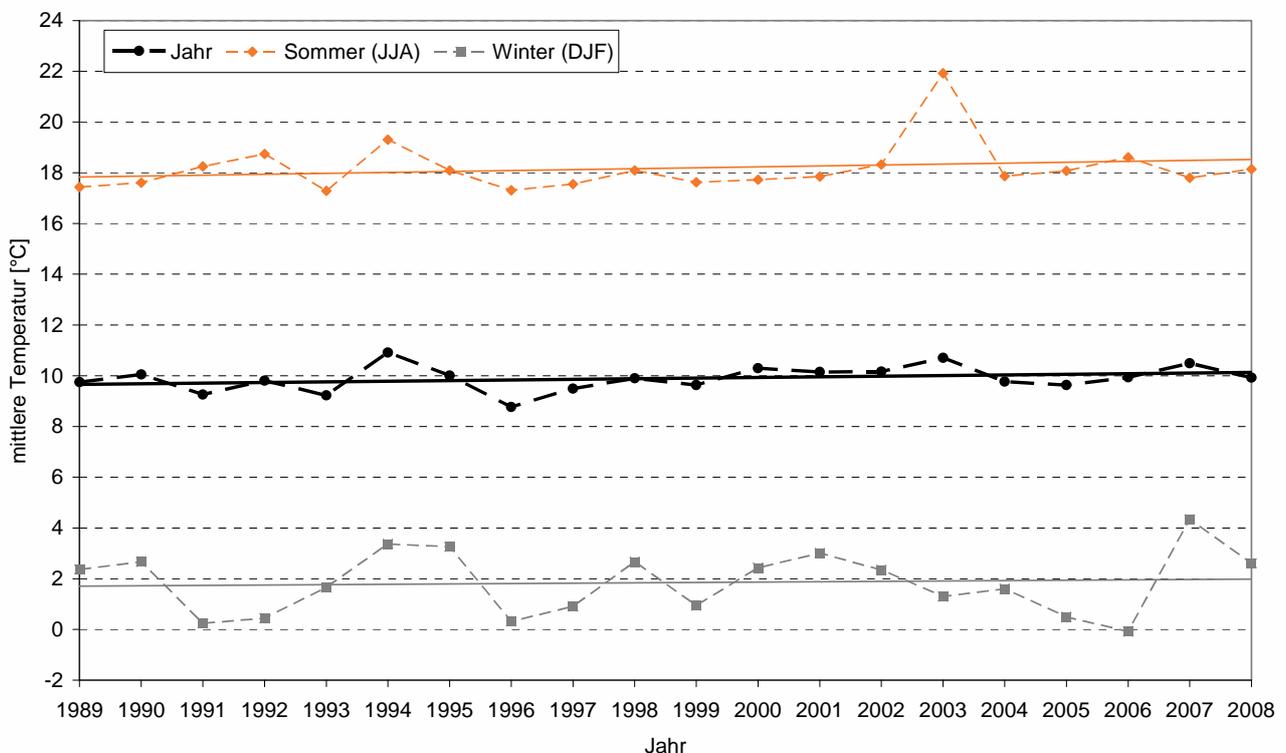


Abbildung 3.4-28 Mittlere Temperatur für das ganze Jahr sowie den Winter (DJF) und den Sommer (JJA) mit linearen Ausgleichsgeraden zur Orientierung

Die mittlere Jahrestemperatur am Standort Gösgen scheint nach der Abbildung 3.4-28 seit 1989 leicht zugenommen zu haben. Dies scheint aufgrund einer Erhöhung der Sommerdurchschnittstemperatur geschehen zu sein. Die mittlere Temperatur im Winter dagegen scheint nur leicht gestiegen zu sein. Klimaprognosen gehen davon aus, dass die Temperaturen im Sommer etwas stärker ansteigen als im Winter (OcCC 2007).

Niederschläge

In der Abbildung 3.4-29 sind für die Jahre 1989 bis 2008 die jährliche und saisonale Niederschlagssumme aufgetragen. Für diese Auswertungen beginnt das Jahr mit einem Winterhalbjahr von Oktober bis März, gefolgt vom Sommerhalbjahr. Das Ganzjahr wird entsprechend zugeordnet.

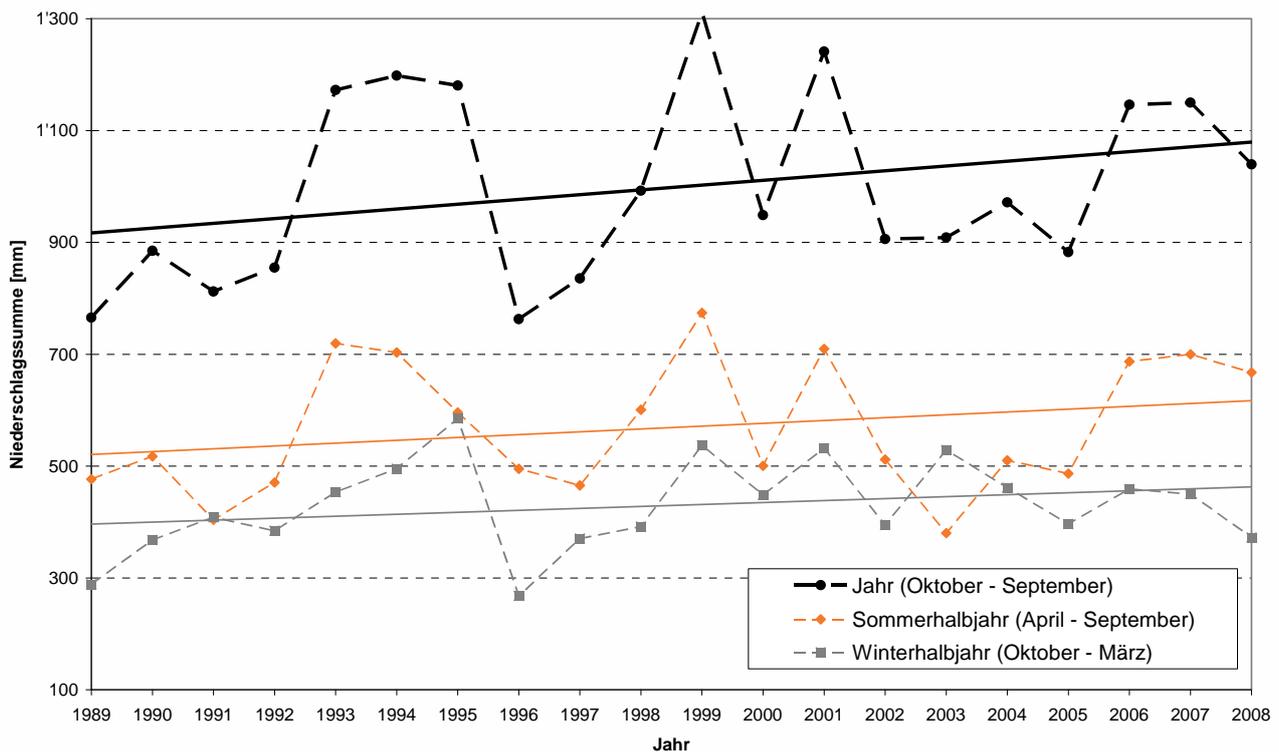


Abbildung 3.4-29 Niederschlagssumme für das ganze Jahr sowie das Winterhalbjahr (Oktober - März) und das Sommerhalbjahr (April - September) mit linearen Ausgleichgeraden zur Orientierung

Für den Niederschlag in der Nordschweiz gehen die Klimaprognosen von einem Anstieg der Winterniederschläge und einem Abfall der Sommerniederschläge aus (OcCC 2007). In der Beobachtungsperiode der Abbildung 3.4-29 sieht es so aus, als ob am Standort KKN der Jahresniederschlag aufgrund des Anstieges der Sommerniederschläge als auch der Winterniederschläge zunimmt.

3.4.10.3 Bewertung der zukünftig zu erwartenden Änderungen

Die zukünftig zu erwartenden Änderungen des Klimas beeinträchtigen die Eignung des Standortes für die Erstellung der geplanten Anlage nicht.

Im Baubewilligungsverfahren werden die dann aktuellen Daten und der aktuelle Stand der Forschung zum Klima und dessen zu erwartender Entwicklung ausgewertet.

Für die Festlegung von Auslegungswerten im Baubewilligungsverfahren ist es allerdings nicht vorgesehen, die Ergebnisse von Extremwertanalysen mit Auswirkungen von Klimaänderungsabschätzungen zu überlagern.

3.5 Hydrologie

3.5.1 Überblick und Grundlage der Gefährdungsannahmen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im breit angelegten Aaretal und wird auch durch die Aare entwässert. Beim Wehr Winznau wird ein Grossteil des Abflusses der Aare in den Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes (WKW) Gösgen umgeleitet und im WKW turbinieren. Die konzessionierte Wassermenge beträgt 380 m³/s. Die Restwasserstrecke, die sogenannte "Alte Aare", verläuft über eine Länge von ca. 8.2 km vom Wehr Winznau bis Niedergösgen. Die Alte Aare sowie die Uferschutzzonen beidseits der Restwasserstrecke trennen das Projektareal in das Hauptareal mit dem anschliessenden Teilareal Süd und das Teilareal Nord. Der seit November 2007 geltende Restwasserabfluss ist saisonal abgestuft und beträgt 7 - 15 m³/s, im Durchschnitt 10 m³/s (Atel Hydro 2008).

Das schottergefüllte Aaretal beherbergt einen mächtigen Grundwasserstrom. Dieser ist von regionaler Bedeutung für die Trinkwasserversorgung der anliegenden Gemeinden und entsprechend als Schutzzone ausgeschieden. Das Projektareal liegt im Gewässerschutzbereich A_U und unterliegt deshalb besonderen Bestimmungen.

Die Mächtigkeit des Grundwasserstromes beträgt im Zentrum der Talrinne 20 - 30 m. Die grösste Breite von rund 2 km erreicht der Grundwasserstrom im Querprofil bei Mülidorf - Däniken. Der Grundwasserstrom wird durch den engen Malmdurchbruch der Aare bei Schönenwerd gestaut; sein Gefälle beträgt ca. 0.2 % in der Talachse.

Das Grundwasserregime wird durch den Wasserstand der Alten Aare kontrolliert und reagiert rasch auf plötzliche Abflussänderungen, wie sie z. B. durch den Wehrbetrieb in Winznau entstehen können.

In der Verordnung (UVEK 2009) sind die spezifischen Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen festgelegt. In dieser Verordnung (Art. 5, Abs. 4, UVEK 2009) ist festgehalten, dass für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle Gefährdungen mit einer Häufigkeit grösser gleich 10⁻⁴ pro Jahr zu berücksichtigen und zu bewerten sind. Dieser Anforderung wird nachfolgend bei den Betrachtungen zu den Hoch- und den Niedrigwasserverhältnissen, den Hoch- und Niedrigtemperaturen des Aarewassers (Kapitel 3.5.2) sowie den Minima der Grundwasserspiegel (Kapitel 3.5.3) Rechnung getragen.

3.5.2 Oberflächengewässer

In den folgenden Kapiteln werden die hydrologischen Grundlagen inklusive der Hoch- und Niedrigwasserverhältnisse sowie der Hoch- und Niedrigtemperaturen des Wassers in der Aare beim

Standort KKN zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Darlegung und Diskussion der bearbeiteten Themen ist im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) enthalten.

Die Grundwasserverhältnisse werden im Kapitel 3.5.3 behandelt.

3.5.2.1 Abflüsse der Aare

Die Abflüsse der Aare oberhalb des Wehrs Winznau werden mit Hilfe der Aufzeichnungen der Wassermessstation Murgenthal ermittelt. Für diese Station steht eine Messperiode von 1916 bis 2007 (Maximalabflüsse) bzw. 1935 bis 2007 (Tages- und Jahresmittelwerte der Abflüsse) zur Verfügung (BAFU 2008a).

In der Tabelle 3.5-1 sind die vom BAFU ermittelten wesentlichen statistischen Abflusswerte der Aare zusammengefasst.

Tabelle 3.5-1 Abflüsse der Aare bei Murgenthal (BAFU 2008a)

	Abfluss [m ³ /s]
Durchschnittliches Jahresmittel (Periode)	289 (1916 - 2007)
Grösstes Jahresmittel (Beobachtungsjahr)	371 (1936)
Kleinstes Jahresmittel (Beobachtungsjahr)	179 (1976)
Grösste Abflussspitze (Beobachtungstag)	1'262 (09.08.2007)
Hochwasserstatistik	HQ ₅₀ 1'091
	HQ ₁₀₀ 1'148
	HQ ₂₀₀ 1'202
Grösstes Tagesmittel (Beobachtungstag)	896 (25.11.1944)
Kleinstes Tagesmittel (Beobachtungstag)	79.6 (03.12.1962)

Die Abflüsse beim Standort KKN werden aus den Messwerten in Murgenthal gemäss dem Verhältnis der entsprechenden Einzugsgebietsflächen berechnet. Für den Standort KKN wird das Einzugsgebiet beim Stauwehr Winznau berücksichtigt, also dort, wo der Gesamtabfluss der Aare in den Abfluss des Oberwasserkanales des WKW Gösgen und den Abfluss in der Alten Aare (Restwasserstrecke) aufgeteilt wird.

Das Einzugsgebiet der Aare am Pegel Murgenthal umfasst 10'143 km² und beim Stauwehr Winznau liegt eine Einzugsgebietsfläche von 10'888 km² vor (BAFU 2008b). Daraus ergibt sich folgende Umrechnung:

$$Q_{\text{Stauwehr Winznau}} = Q_{\text{Standort KKN}} = Q_{\text{Alte Aare}} + Q_{\text{Oberwasserkanal}} = 1.073 Q_{\text{Murgenthal}}$$

Neben oben beschriebenem Vorgehen wurde $Q_{\text{Standort KKN}}$ auch via Interpolation aus den Pegeln Murgenthal und Brugg (Einzugsgebiet = 11'726 km²) ermittelt. Der Abfluss der Aare bei Brugg beinhaltet auch die Zuflüsse von Wigger und Dünnern, welche zwischen Murgenthal und Winznau in die Aare einmünden. Die mit beiden Methoden ermittelten Abflüsse am Standort KKN unterscheiden sich nur unwesentlich (< 5%) voneinander.

Die berechneten Tages- und Jahresmittelwerte der Abflüsse der Aare am Standort KKN sind in der Abbildung 3.5-1 dargestellt. Die Jahresmittelwerte zeigen sehr geringe Unterschiede in dieser Messperiode. Bei den Tagesmittelwerten nimmt die Häufigkeit der höheren Spitzenabflüsse in den letzten 30 Jahren zu.

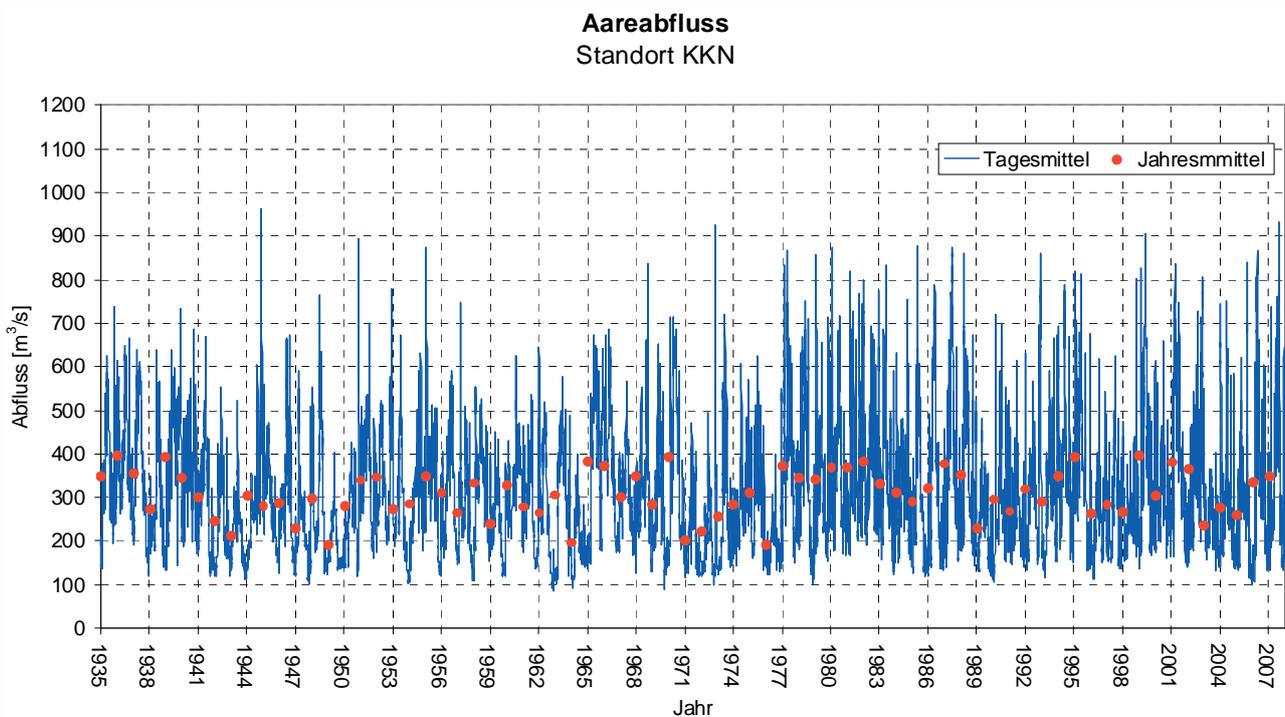


Abbildung 3.5-1 Tages- und Jahresmittelwerte der Abflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal)

An der Messstation Murgenthal steht auch eine langjährige Datenreihe der Maximalabflüsse (1916 bis 2007) zur Verfügung. Aus der Betrachtung der Maximalabflüsse (Abbildung 3.5-2) geht hervor, dass die Häufigkeit der absoluten jährlichen Maxima über 900 m³/s am Standort KKN seit 1972 signifikant zugenommen hat.

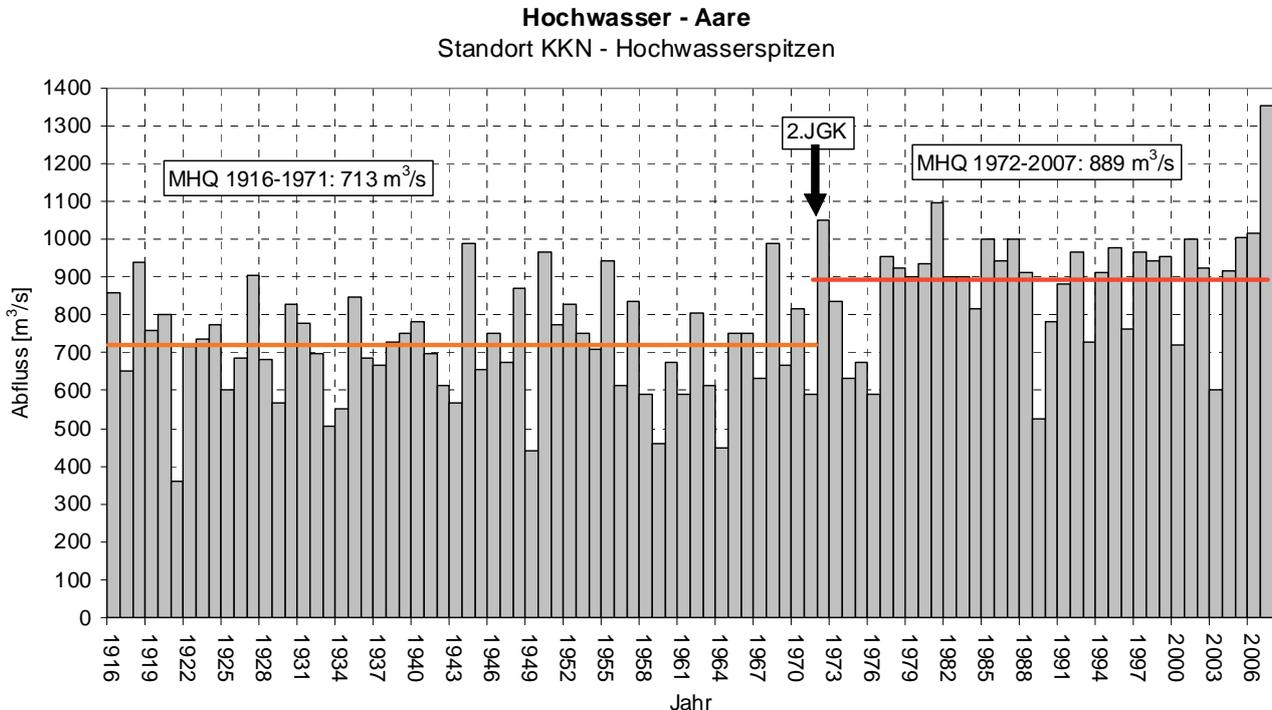


Abbildung 3.5-2 Maximalabflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal)

Der Grund für die signifikanten Unterschiede vor und nach 1972 liegt hauptsächlich in der zweiten Juragewässerkorrektur (2. JGK), als eine Veränderung der Bewirtschaftung durch ein neues Wehrreglement beim Wehr Port eintrat. Zudem wurden die Aare bis Solothurn sowie der Mündungsbereich der Emme ausgebaut. Diese Massnahmen haben bewirkt, dass die Hochwasser im Bereich von 900 m³/s häufiger auftreten als vor 1972. Die Grafik zeigt, dass die mittleren Hochwasser (MHQ) von 713 m³/s (1916 - 1971) um rund 25 % auf 889 m³/s (1972 - 2007) zugenommen haben.

Zusammenfassend kann bezüglich der Maximalabflüsse (Hochwasserspitzen) festgehalten werden, dass die Messreihe 1916 - 2007 nicht homogen ist. Die Berechnung der Hochwasserabflüsse wird daher auf die Periode ab 1972 abgestellt.

Zur Analyse der Niedrigwassersituation stehen die Tagesmittelwerte sowie die absolut gemessenen Minimalabflüsse zur Verfügung. Die absoluten Minimalabflüsse sind ab dem Jahr 1974 verfügbar. Die Abbildung 3.5-3 zeigt die jährlichen absoluten Minimalabflüsse und die jährlichen, minimalen Tagesmittelwerte der Aare am Standort KKN.

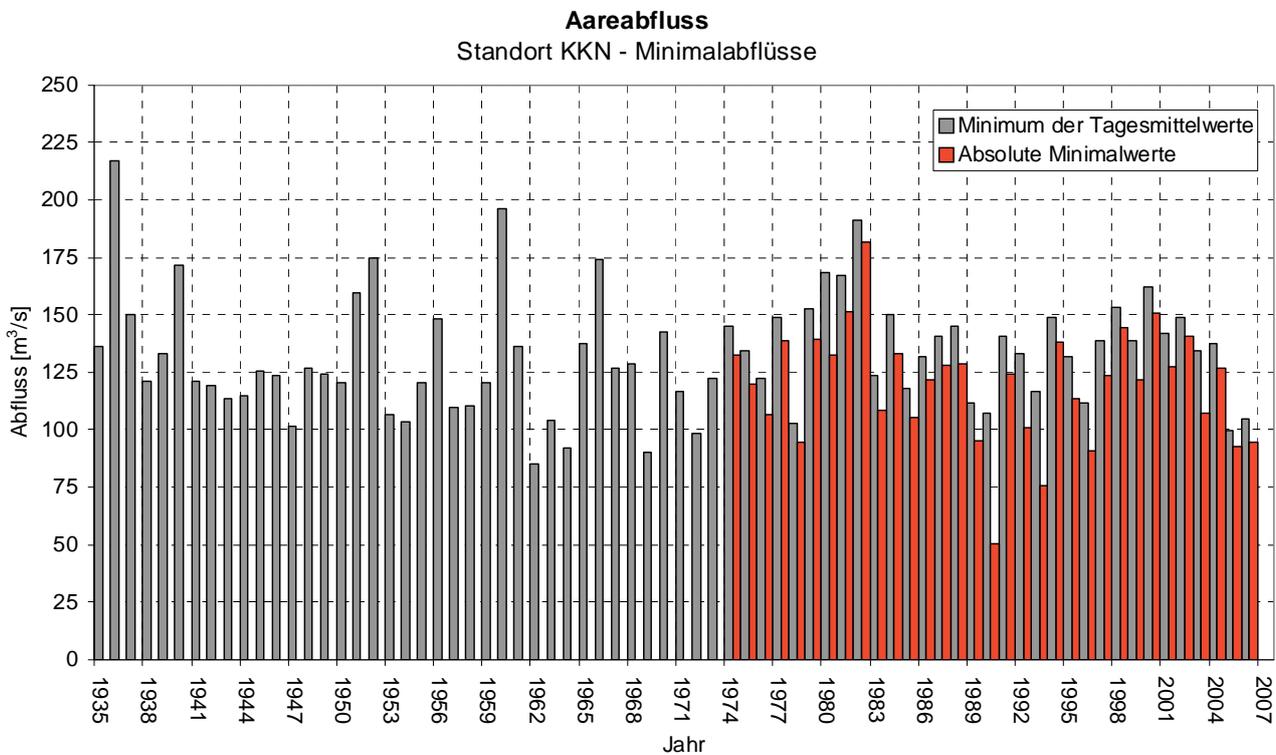


Abbildung 3.5-3 Minimalabflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal)

Die absoluten minimalen Abflusswerte weisen ein sehr ähnliches Verhalten wie die minimalen Tagesmittelwerte auf. Sie unterscheiden sich geringfügig voneinander. Grössere Abweichungen sind bei den Werten der Jahre 1990 und 1993 festzustellen. Diese sind kurzfristige Tiefstwerte, die durch Betriebsstörungen bei flussaufwärts liegenden Flusskraftwerken aufgetreten sind (AF-Colenco 2009d).

Die Hoch- und Niedrigwasserverhältnisse der Aare sind sicherheitsrelevante Einflussfaktoren und werden in den folgenden Kapiteln detailliert behandelt.

3.5.2.2 Extreme Hochwasserverhältnisse

Extreme Hochwasserabflüsse werden nachfolgend mit zwei voneinander unabhängigen Methoden ermittelt:

- Probabilistische Methode: Ermittlung des Hochwasserabflusses mit der Überschreitungshäufigkeit von $10^{-4}/a$, wie es für Naturereignisse nach der Verordnung (UVEK 2009) vorgegeben wird.
- Deterministische Methode: Ermittlung des "mutmasslich grössten Hochwassers", des sog. PMF (**P**robable **M**aximum **F**lood), wie es im Stauanlagenbau üblich ist.

Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse mit der probabilistischen Methode

Die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse mit bestimmter Eintrittshäufigkeit⁴ erfolgt mit Frequenzanalysen. Wie in Kapitel 3.5.2.1 begründet, wird für die Berechnungen die Periode 1972 - 2007 verwendet.

Bei der Durchführung der Frequenzanalysen wurden folgende Verteilungsfunktionen verwendet:

- Gumbel
- Pearson III
- Log-Pearson III
- Log-Normal
- 3-Parameter Log-Normal

Für sämtliche durchgeführten Frequenzanalysen wurden statistische Tests (χ^2 -Tests) mit dem Signifikanzniveau 5% durchgeführt. Mit dieser Testbedingung werden die Gumbel-, Pearson III- und die log-Pearson III-Verteilungen verworfen und die log-Normalverteilungen akzeptiert. Die Tabelle 3.5-2 enthält die Resultate für die log-Normalverteilungen. Zum Vergleich ist zusätzlich der von den Kantonen Solothurn und Aargau festgelegte Wert für das Hochwasser mit Eintrittshäufigkeit $10^{-2}/a$ (HQ₁₀₀) für das WKW Gösgen angegeben (Kanton SO, AG 2009). Für den Standort KKN wird für das $10^{-4}/a$ -Hochwasser das Maximum aus den beiden Verteilungen gewählt (1'700 m³/s). Für die $10^{-2}/a$ und $10^{-3}/a$ -Hochwasserabflüsse werden aus Kompatibilitätsgründen die Werte übernommen, die für das WKW Gösgen am Stauwehr Winznau festgelegt sind (Atel Hydro 2009). Diese Werte liegen zwischen den Werten der zwei log-Normalverteilungen.

⁴ Der Umkehrwert der Häufigkeit ist in der Hydrologie als Wiederkehrperiode (Jährlichkeit) bekannt.

Tabelle 3.5-2 Ermittelte Hochwasserabflüsse verschiedener Eintrittshäufigkeit am Standort KKN (Wehr Winznau)

Eintrittshäufigkeit [1/a]	10^{-1} (HQ ₁₀)	$2 \cdot 10^{-2}$ (HQ ₅₀)	10^{-2} (HQ ₁₀₀)	$5 \cdot 10^{-3}$ (HQ ₂₀₀)	10^{-3} (HQ _{1'000})	10^{-4} (HQ _{10'000})
Log-Normalverteilung	1'100	1'300	1'350	1'450	1'600	1'700
3-Parameter Log-Normalverteilung	1'100	1'225	1'275	1'300	1'400	1'500
Hochwasserabflüsse für den Standort KKN	1'100		1'300		1'450	1'700
Kantone Solothurn und Aargau (Kanton SO, AG 2009)			1'400			

Die $2 \cdot 10^{-2}/a$ (HQ₅₀)-, $10^{-2}/a$ (HQ₁₀₀)- und $5 \cdot 10^{-3}/a$ (HQ₂₀₀)-Abflüsse in der Tabelle 3.5-2 sind deutlich höher als die entsprechenden Werte in der Tabelle 3.5-1 (nach Umrechnung mit dem Faktor 1.073 gemäss Umrechnungsformel im Kapitel 3.5.2.1). Dieser Unterschied widerspiegelt den Einfluss der unterschiedlichen Referenzperioden mit der Zunahme der Maximalabflüsse ab 1972.

Für die Überflutungsmodellierungen (Kapitel 3.5.2.7) werden für die Hochwasserereignisse mit den Häufigkeiten von $10^{-2}/a$, $10^{-3}/a$ und $10^{-4}/a$ die für den Standort KKN festgelegten Abflüsse aus der Tabelle 3.5-2 verwendet.

Abbildung 3.5-4 zeigt die durch die Frequenzanalyse ermittelte Kurve für den Standort KKN (resp. Wehr Winznau) entsprechend der 3-Parameter log-Normalverteilung mit dem Konfidenzintervall von 90%.

Die Extremwertverteilung (rote Kurve in Abbildung 3.5-4) wird massgeblich durch das extreme Ereignis vom 9. August 2007 beeinflusst. Für dieses Hochwasserereignis wird aus dem in Murgenthal gemessenen Maximalabfluss von 1'262 m³/s ein Maximalabfluss von rund 1'350 m³/s beim Standort KKN ermittelt.

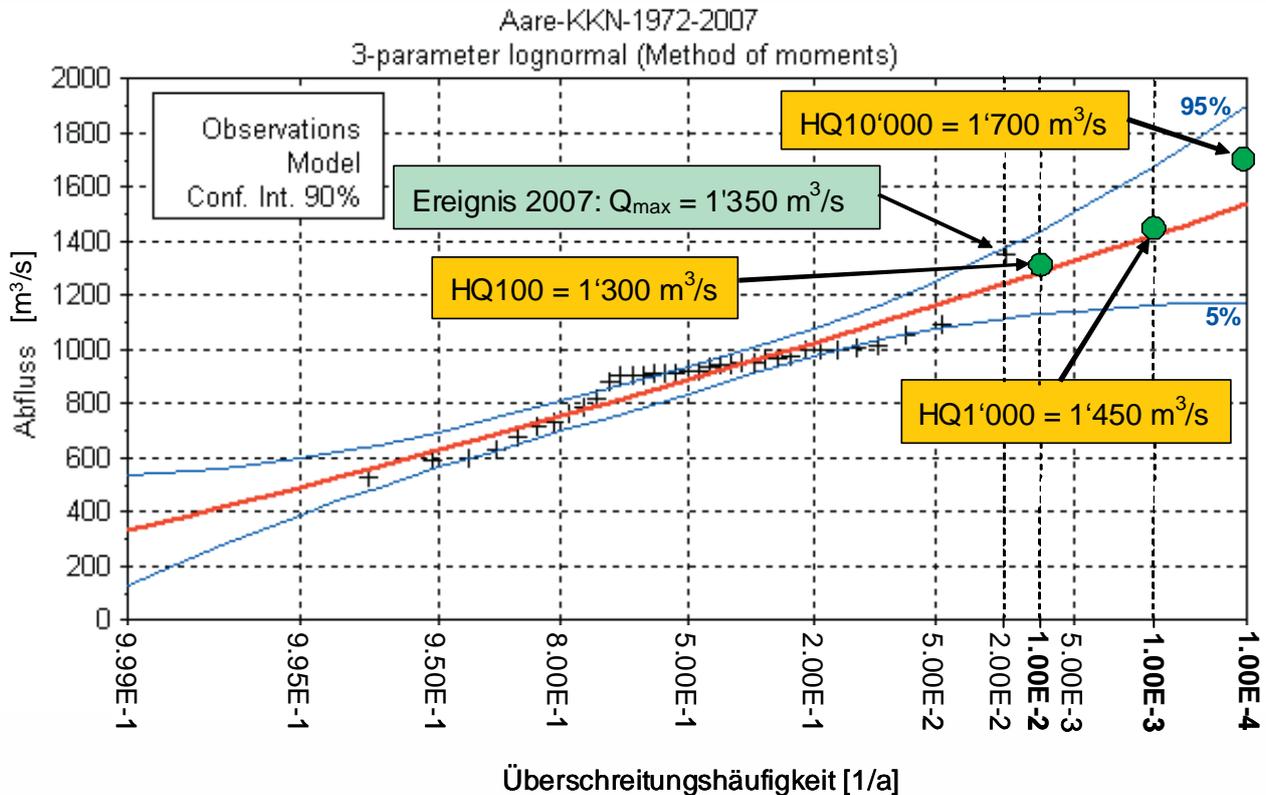


Abbildung 3.5-4 3-Parameter log-Normalverteilung der Jahresmaxima Standort KKN mit 90% Konfidenzintervall

Ausblick

Eine klimabedingte Zunahme von Extremniederschlägen ist zu erwarten, aber derzeit nicht quantifizierbar (siehe Kapitel 3.4.10.1). Der Einfluss einer solchen Zunahme wird in der Überflutungsmodellierung im Kapitel 3.5.2.7 mit der Berücksichtigung eines gegenüber dem $10^{-4}/\text{a}$ -Hochwasserabfluss um 10% erhöhten Abflusses von $1'870 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgezeigt.

Für die Festlegung von Auslegungswerten im Baubewilligungsverfahren ist es allerdings nicht vorgesehen, die Ergebnisse von Extremwertanalysen mit Abschätzungen zu den Auswirkungen von Klimaänderungen zu überlagern.

Ermittlung des PMF (Probable Maximum Flood)

Das PMF wird mit einem deterministischen Ansatz ermittelt. Es wird u. a. aus einem "mutmasslich grössten Niederschlag" (PMP = **P**robable **M**aximum **P**recipitation) bestimmt. Für die Ermittlung des PMP und des PMF werden Auslöseereignisse ohne bestimmte, begrenzende Eintrittshäufigkeiten

postuliert. Die nicht quantifizierten Eintrittshäufigkeiten können dabei durchaus bei weniger als 10^{-4} pro Jahr liegen.

Der Hochwasserabfluss der Aare bei Murgenthal wird im Wesentlichen durch den Abfluss der Emme (Einzugsgebiet 939 km^2), durch den Ausfluss des Bielersees beim Wehr Port (Einzugsgebiet $8'293 \text{ km}^2$) sowie durch den Abfluss des Zwischeneinzugsgebietes zwischen dem Wehr Port und Murgenthal (Einzugsgebiet ohne Emme 887 km^2) bestimmt.

Zur Bestimmung des PMF werden obige drei Abflusskomponenten separat betrachtet und anschliessend kombiniert. Das Ergebnis wird mit den Untersuchungen über Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare (Kanton BE 2007), welche im Auftrag des Kantones Bern im Jahre 2007 durchgeführt wurden, verglichen. Im Folgenden werden die Ergebnisse zusammengefasst. Einzelheiten sind im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) enthalten.

Abfluss aus dem Einzugsgebiet der Emme

Der grösste Zubringer der Aare zwischen dem Wehr Port (Bielersee) und dem Standort KKN ist die Emme. Das Gesamteinzugsgebiet beim Pegel Wiler beträgt 939 km^2 , beim Pegel Emmenmatt sind es 443 km^2 . Beobachtungen bei Wiler liegen seit 1922 und bei Emmenmatt seit 1918 vor. Die Hochwasser der Emme weisen typischerweise scharfe, kurzfristige Spitzen auf.

Statistische Auswertungen für die Eintrittshäufigkeiten von $10^{-2}/\text{a}$ (HQ_{100}), $10^{-3}/\text{a}$ ($HQ_{1'000}$) und $10^{-4}/\text{a}$ ($HQ_{10'000}$) liefern für den Pegel Wiler Abflüsse von 565, 850 und $900 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Maximalabfluss der Emme erreichte 2007 mit $663 \text{ m}^3/\text{s}$ den höchsten beobachteten Wert. Das extreme Hochwasser von 2005 betrug $583 \text{ m}^3/\text{s}$.

Basis zur Bestimmung des PMF der Emme bildet einerseits das Hochwasser von 2005. Für dieses Ereignis von der Dauer von 2 bis 3 Tagen stehen detaillierte Niederschlagskarten zur Verfügung. Betroffen von den Starkniederschlägen waren dabei vor allem die oberen ca. 675 km^2 im Einzugsgebiet der Emme.

Andererseits wurden im Auftrag des Bundesamtes für Energie an der ETH Lausanne PMP-Karten verschiedener Regendauern für die ganze Schweiz abgeleitet (PMP 2007). Eine Auswertung dieser PMP-Karten ergibt für Emmenmatt 1.4 bis 1.5 Mal höhere Werte als beim Hochwasserereignis von 2005. Aufgrund dieses Resultats wird durch Skalierung ein PMF von rund $1'000 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Pegel Wiler ermittelt.

Abfluss aus dem Bielersee beim Wehr Port

Bei lange dauernden Ereignissen, insbesondere bei grossräumigen Niederschlägen, ist zu erwarten, dass wegen des Hochwassers an der Emme der Abfluss der Aare aus dem Bielersee beim Wehr Port begrenzt werden muss, um der Emme im weiteren Verlauf der Aare Platz zu machen (WWA 1980/82).

Im Rahmen der zweiten Juragewässerkorrektur (2. JGK) wurde festgelegt, dass mit Hilfe der Wehrregulierung der Abfluss der Aare beim Pegel Murgenthal im Normalfall höchstens 850 m³/s betragen darf (sogenannte Murgenthalbedingung). Diese Abflussmenge soll sicherstellen, dass sich die Hochwassergefahr in den unterliegenden Gebieten bei ohnehin kritischen Situationen nicht noch zusätzlich verschärft.

Um in Murgenthal den Abfluss von 850 m³/s einzuhalten, muss der Abfluss beim Wehr Port wesentlich unter 650 m³/s gedrosselt werden.

Betrachtet man die letzten grossen Hochwasser der Jahre 2005, 2006 und 2007, so stellt man zwar einerseits fest, dass die Murgenthalbedingung wegen den Hochwasserspitzen der Emme nicht eingehalten werden konnte (Abflüsse in Murgenthal: 937, 946 und 1'262 m³/s). Andererseits zeigen die Aufzeichnungen des BAFU, dass zum Zeitpunkt des Auftretens der Maximalabflüsse der Emme der Abfluss beim Wehr Port immer deutlich unter 650 m³/s lag (vgl. fettgedruckte Zahlen in untenstehender Tabelle 3.5-3).

Tabelle 3.5-3 Gemessene Maximalabflüsse der Emme und der Aare in Murgenthal und Ausfluss der Aare am Wehr Port (Pegel Brügg Ägerten)

HW-Datum	Maximalabfluss Emme [m ³ /s]	Maximalabfluss in Murgenthal [m ³ /s]	Ausfluss Wehr Port am HW-Datum / 1 Tag später (Tagesmittel) [m ³ /s]
22.08.2005	583	937	328 / 567
10.04.2006	179	946	445 / 616
09.08.2007	663	1'262	343 / 631

Aufgrund dieser Fakten wird für die Ermittlung des PMF für den Standort KKN berücksichtigt, dass der Abfluss aus dem Bielersee (Wehr Port), der mit dem PMF der Emme zu überlagern ist, höchstens 650 m³/s beträgt.

Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet (ZE , Brügg - Murgenthal)

Im Gegensatz zur Emme mit den scharfen, kurzfristigen Spitzen sind die Abflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet ausgeglichener. Sie können daher mit genügender Genauigkeit aus den Tagesmitteln (TM) der Abflüsse aus Murgenthal abzüglich der Tagesmittel der Emme sowie Brügg rekonstruiert werden:

$$Q_{\text{TM-ZE}} = Q_{\text{TM-Murgenthal}} - Q_{\text{TM-Emme}} - Q_{\text{TM-Brügg}}$$

Der so berechnete Maximalwert der Tagesmittel von $Q_{\text{TM-ZE}}$ beträgt 240 m³/s und wurde während des Hochwassers von 2007 erreicht. Frequenzanalysen ergeben einen 10⁻³/a-Hochwasserabfluss von 300 m³/s und einen 10⁻⁴/a-Hochwasserabfluss von 350 bis 400 m³/s. Die Abflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet werden den Maximalabflüssen der Emme überlagert. Zur Ermittlung des PMF für den Standort KKN wird angenommen, dass der Abfluss des Zwischeneinzugsgebietes bei gleichzeitigem Auftreten des PMF der Emme (1'000 m³/s) nicht mehr als der 10⁻³/a-Hochwasserabfluss von 300 m³/s beträgt. Die Kombination dieser beiden sehr seltenen Ereignisse

zur Ermittlung des PMF für den Standort KKN ist konservativ, da sie aus hydrologischen bzw. meteorologischen Gründen kaum gleichzeitig erfolgen können.

Ermittlung des PMF für den Standort KKN

Gemäss obigen Betrachtungen ergibt sich für das Einzugsgebiet Murgenthal folgendes PMF:

- Abfluss aus dem Bielersee (Wehr Port)	650 m ³ /s
- Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet (10 ⁻³ /a)	300 m ³ /s
- PMF aus dem Einzugsgebiet der Emme	1'000 m ³ /s
<hr/>	
- PMF in Murgenthal = 650 + 300 + 1'000 m ³ /s	1'950 m ³ /s

Das PMF für den Standort KKN berechnet sich proportional der Einzugsgebietsgrösse mit 107.3 % des PMF in Murgenthal.

PMF für den Standort KKN: 2'100 m ³ /s

Im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) wird gezeigt, dass 2'100 m³/s durch die Aare Richtung Wehr Winznau auch tatsächlich abgeführt werden können.

Vergleich mit der Studie "Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare" (EHW-Studie)

In der EHW-Studie (Kanton BE 2007) wurde das gesamte Einzugsgebiet der Aare bis Murgenthal einschliesslich ihrer wichtigsten Zuflüsse in Bezug auf extreme Hochwasserereignisse untersucht. Dabei wurden verschiedene hydrometeorologische Szenariengruppen (SZG) entwickelt:

- SZG 1: Intensive Schneeschmelze in den Voralpen und den Alpen im Frühling/Frühsummer, kombiniert mit intensiven Niederschlägen, führen zu hohen Seeständen in den Jurarandseen
- SZG 2: Schneeschmelze im Mittelland im Spätherbst oder im Winter, die durch einen Warmluftteinbruch zusammen mit intensivem Regen ausgelöst wird, führt zu einem sehr grossen Wasseranfall aus dem Mittelland
- SZG 3: Abfolge von mehreren mehrtägigen grossräumigen Niederschlagsereignissen hoher Intensität

Auf Basis obiger Szenarien wurde in der EHW-Studie über das Einzugsgebiet der Aare ein hydrologisches Modell entwickelt. Für die Szenariengruppe SZG 3 ergibt sich dabei für den Abfluss in Murgenthal ein maximaler Tagesmittelwert von $1'355 \text{ m}^3/\text{s}$. Aufgrund einer Analyse sämtlicher verfügbarer Hochwasserdaten bei Murgenthal wird der dazugehörige Maximalabfluss zu $1.2 \times 1'355 = 1'626 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt (AF-Colenco 2009d).

Der korrespondierende Maximalabfluss der Emme wird wie folgt ermittelt:

- Maximalabfluss in Murgenthal	1'626 m^3/s
- Maximalabfluss aus dem Bielersee (EHW-Studie)	-650 m^3/s
- Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet ohne Emme	-300 m^3/s
<hr/>	
- Maximalabfluss der Emme	676 m^3/s

Eine Auswertung der PMP-Karten ergibt 1.2 bis 1.4 Mal höhere PMP-Werte als die verwendeten Gebietsniederschläge für SZG 3 (AF-Colenco 2009d). Aufgrund dieses Resultats wird durch Skalierung ein PMF für die Emme von $1.4 \times 676 \approx 950 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Wiler ermittelt. Dies ergibt für den Standort KKN ein PMF von $1.073 \times (950 + 300 + 650) \approx 2'040 \text{ m}^3/\text{s}$.

Das durch zwei Methoden ermittelte PMF von $2'040 - 2'100 \text{ m}^3/\text{s}$ wird nachfolgend mit dem für die Sicherheitsanalyse von Stauanlagen zu betrachtenden Sicherheitshochwasser verglichen. Nach den Richtlinien gemäss (BWG 2002a) entspricht das Sicherheitshochwasser dem 1.5fachen $HQ_{1'000}$ oder $1.5 \times 1'450 \text{ m}^3/\text{s} = 2'175 \text{ m}^3/\text{s}$. In vielen anderen Ländern wird das Sicherheitshochwasser für Stauanlagen dem PMF gleichgesetzt.

Das eingangs ermittelte PMF von $2'100 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Standort KKN wird durch diese Vergleichsrechnung bestätigt.

Ausblick

Mit einer Änderung des Regulierreglementes wird neu eine Prognoseregulierung für den Bielersee eingeführt (BAFU 2009). Damit ist zu erwarten, dass die Murgenthalbedingung mit dem Zielwert von $850 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Maximalabfluss der Aare bei Murgenthal in Zukunft besser eingehalten wird.

3.5.2.3 Extreme Niedrigwasserverhältnisse

Die Frequenzanalyse der jährlichen minimalen Tagesmittelwerte der Messperiode 1935 - 2006 ergibt für die Eintrittshäufigkeit von $10^{-4}/\text{a}$ einen Niedrigwasserabfluss von $66 \text{ m}^3/\text{s}$ an der Station Murgenthal mit dem 90% Konfidenzintervall (Abbildung 3.5-5). Der Niedrigwasserabfluss für den

Standort KKN wird gemäss dem Verhältnis der Einzugsgebiete der Station Murgenthal und des Standortes KKN mit $71 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet.

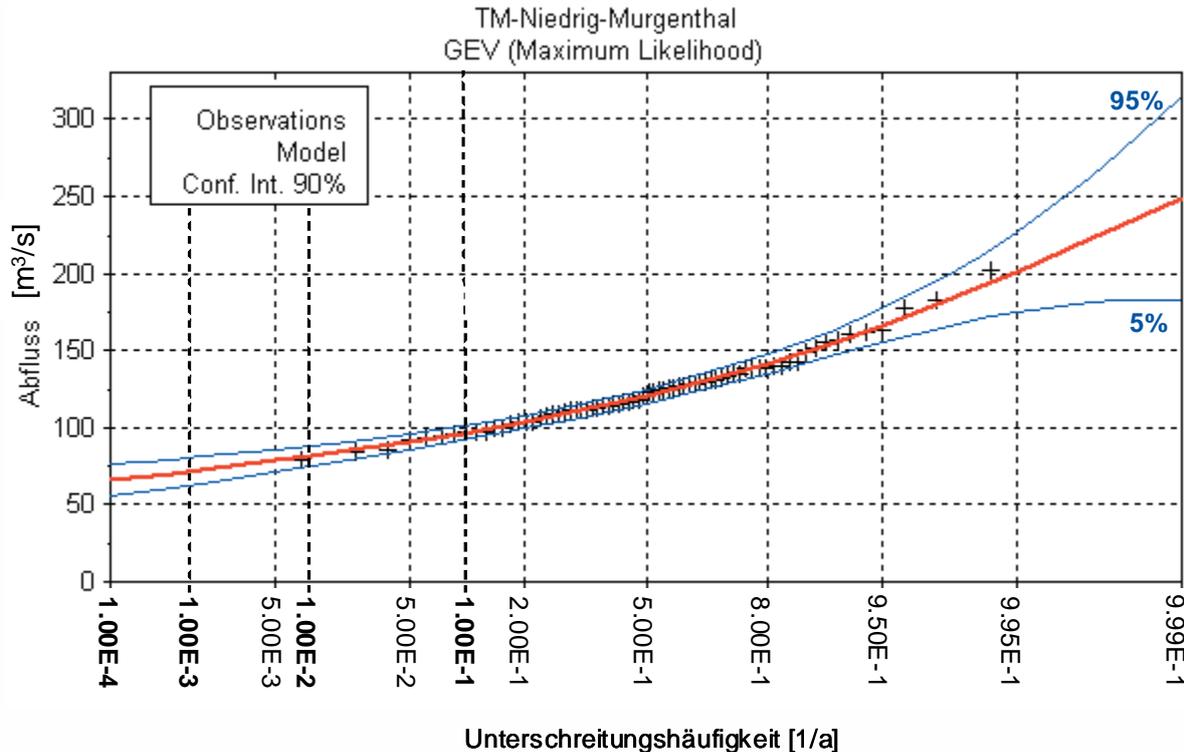


Abbildung 3.5-5 Frequenzanalyse der Jahresminima Murgenthal mit 90% Konfidenzintervall

Die ermittelten Niedrigwasserabflüsse basieren auf den minimalen Tagesmittelwerten. Seit 1974 werden zusätzlich die absoluten Minimalabflüsse ermittelt (Abbildung 3.5-3). Der Zusammenhang zwischen den minimalen Tagesmittelwerten und den absoluten Minimalabflüssen kann durch eine lineare Regression dargestellt werden (Abbildung 3.5-6).

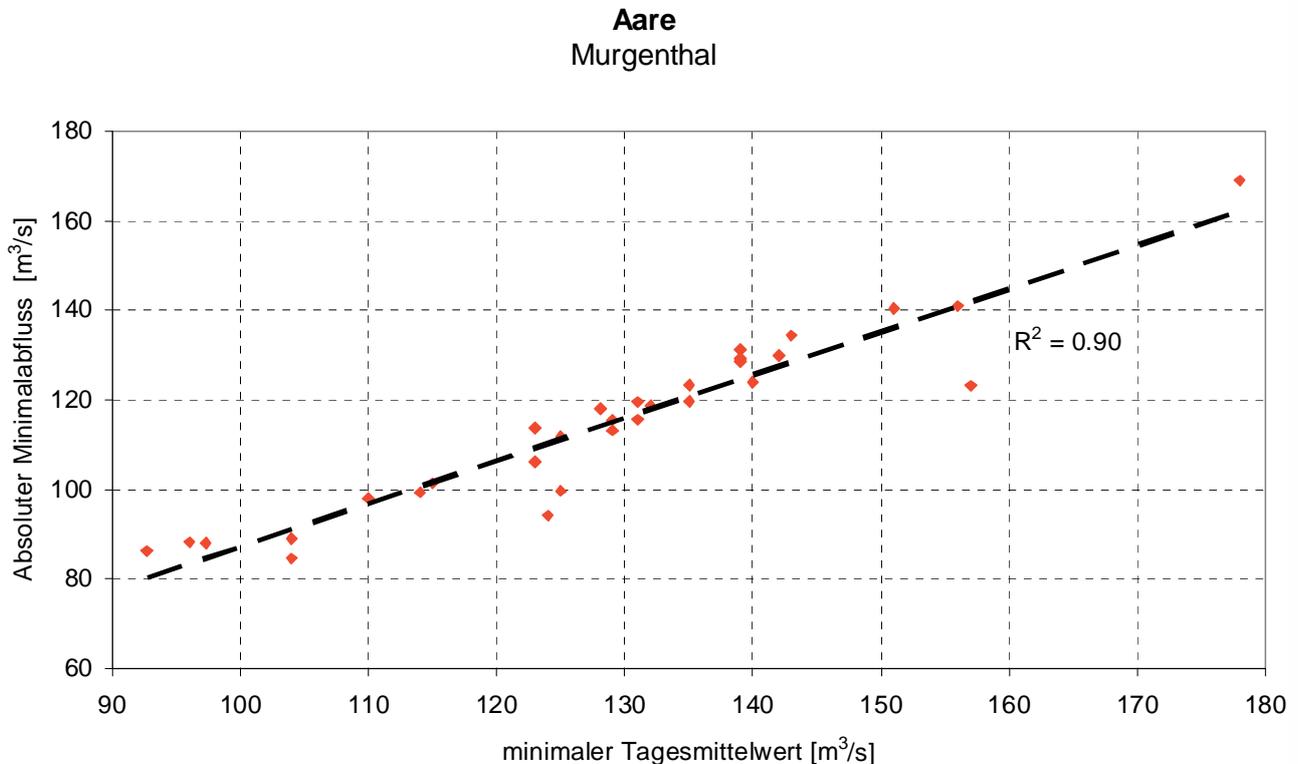


Abbildung 3.5-6 Zusammenhang zwischen den absoluten Minimalabflüssen zu den minimalen Tagesmittelwerten

Aus der Regressionsbeziehung kann der ermittelte Niedrigwasserabfluss von $71 \text{ m}^3/\text{s}$ auf der Basis der absoluten Minimalabflüsse umgerechnet werden. Somit beträgt der extreme Niedrigwasserabfluss mit der Eintrittshäufigkeit von $10^{-4}/\text{a}$ beim Standort KKN $59 \text{ m}^3/\text{s}$.

Unter Berücksichtigung des maximalen Restwasserabflusses in der Alten Aare von $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Atel Hydro 2008) bleiben im Oberwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen auch bei einem extremen Niedrigwasser von $59 \text{ m}^3/\text{s}$ noch immer mindestens $44 \text{ m}^3/\text{s}$ verfügbar. Der Wasserbedarf für das Nebenkühlwassersystem von ca. $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ist damit gewährleistet.

In der verwendeten Datenbasis für die lineare Regression sind die extremen absoluten Minimalabflüsse von 1990 und 1993 nicht berücksichtigt (vgl. Abbildung 3.5-3). Obiger Wert von $59 \text{ m}^3/\text{s}$ kann daher als der extreme Niedrigwasserabfluss interpretiert werden, welcher unter "natürlichen" Bedingungen in der Aare auftreten kann. Wie bereits im Kapitel 3.5.2.1 erwähnt, können allerdings kurzfristig tiefere Werte beobachtet werden, welche stark vom entsprechenden Tagesmittelwert abweichen. Diese kurzfristigen Abweichungen sind auf Betriebsstörungen bei flussaufwärts liegenden Flusskraftwerken (Wehr Port, Flumenthal, Bannwil, Wynau, Ruppoldingen) zurückzuführen und nur von kurzer Dauer. Im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) wird gezeigt, dass in Extremfällen höchstens für die Dauer von wenigen Stunden bei maximalen Restwasserverhältnissen in der Alten Aare unter solchen Bedingungen immer noch mindestens $30 \text{ m}^3/\text{s}$ durch den Oberwasserkanal geführt werden.

Der Wasserbedarf für das Nebenkühlwassersystem von ca. 5 m³/s ist mit Sicherheit in allen Fällen gewährleistet.

Ausblick

Betrachtet man die letzten rund 35 Jahre, ist weder eine Zunahme noch eine markante Abnahme der jährlichen minimalen Tagesmittel festzustellen. Der Mittelwert der jährlichen minimalen Tagesmittel der Periode 1972 - 2006 beträgt beim Standort KKN rund 135 m³/s (Abbildung 3.5-3). Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass sich dieses langjährige Mittel der jährlichen minimalen Tagesmittel in den nächsten Jahrzehnten markant verändern sollte, zumal Einflüsse der Klimaänderung auf die Niedrigwasserverhältnisse nicht zu erwarten sind.

Bezüglich der oben erwähnten Betriebsstörungen mit kurzfristigen tieferen Abflusswerten ist zu erwarten, dass diese dank der laufend verbesserten Betriebsbedingungen und Koordination der Flusskraftwerke untereinander in Zukunft noch seltener auftreten werden.

3.5.2.4 Sohlenmaterial

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare wurde eine umfangreiche Untersuchung zum Thema Geschiebe zwischen der Emme und dem Rhein durchgeführt (Kanton AG, BE, SO 1996). Aus dieser Studie geht hervor, dass das Sohlenmaterial zwischen Wynau und Olten - Gösigen nur bei grossen bis extremen Hochwasserereignissen mobilisiert und Aare abwärts verlagert werden kann. Abbildung 3.5-7 zeigt den mittleren Durchmesser d_m und den Durchmesser d_{90} (90 Gewichts-% der Körner sind feiner als d_{90}) des Sohlenmaterials.

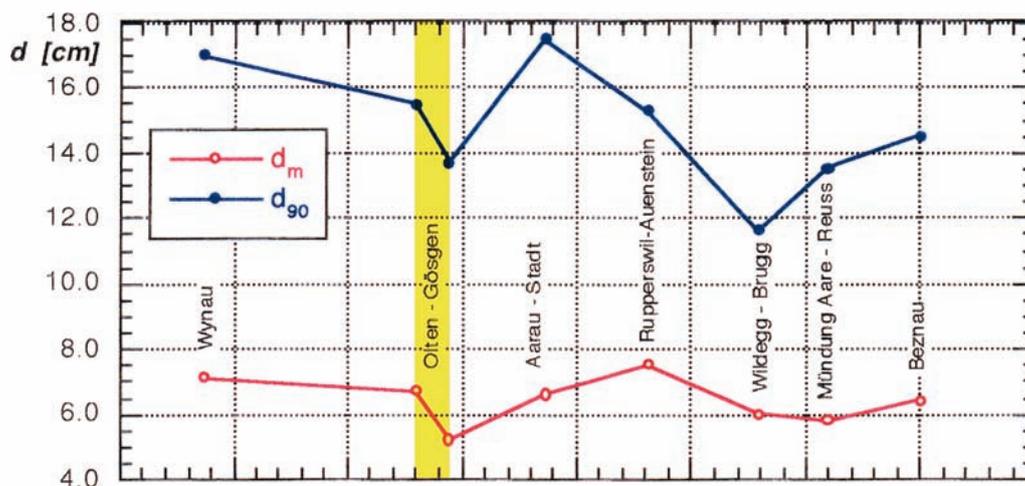


Abbildung 3.5-7 Charakteristische Korndurchmesser d_m und d_{90} des Sohlenmaterials der Aare im Längensprofil (Kanton AG, BE, SO 1996)

Die Abbildung 3.5-8 zeigt die Zusammensetzung des transportierten Aaregeschiebes zwischen Wynau und Aarau. Die Korngrößen des Geschiebes sind feiner als diejenigen des Sohlenmaterialies. Deshalb kann angenommen werden, dass das Geschiebe in der Aare im Untersuchungsgebiet hauptsächlich von den Seitengewässern (Emme und Wigger) stammt. Die Tatsache, dass die Sohle der Aare sehr stark gepflastert ist und kaum mobilisiert werden kann, bestätigt diese Hypothese. Die Korndurchmesser werden bei den morphologischen Berechnungen berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.5.2.7).

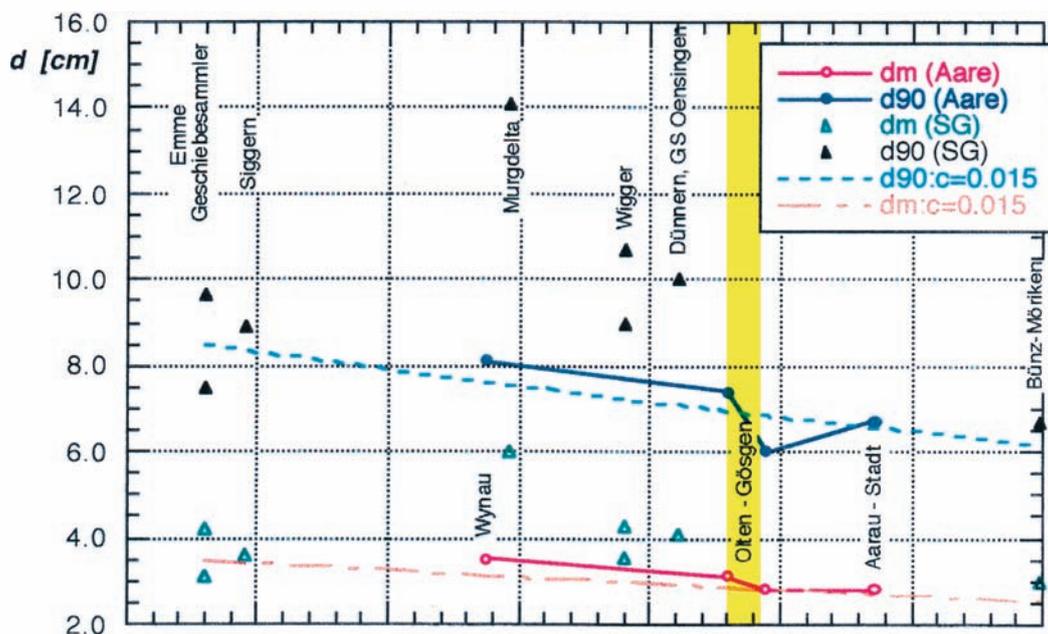


Abbildung 3.5-8 Charakteristische Korndurchmesser d_m und d_{90} des transportierten Geschiebes der Aare im Längenprofil (Kanton AG, BE, SO 1996) (c : Abriebfaktor, SG: Seitengewässer)

3.5.2.5 Geschiebefracht

Wie bereits erwähnt ist das Sohlenmaterial der Aare sehr grob und die Deckschicht (Abbildung 3.5-7) kann kaum mobilisiert werden. Der Geschiebeeintrag erfolgt hauptsächlich aus den Seitengewässern. Die Hauptgeschiebezubringer der Aare sind die Emme und die Wigger.

Aufgrund der verfügbaren Beobachtungsperiode von 10 Jahren (1981 - 1990) (Kanton AG, BE, SO 1996) und unter der Annahme, dass das Geschiebe hauptsächlich bei den Hochwasserereignissen in die Aare zugeführt und transportiert wird, wird eine mögliche Geschiebefracht von 90'000 m³ für den 10⁻⁴/a-Hochwasserabfluss (1'700 m³/s) abgeschätzt. Es wird angenommen, dass diese Fracht im Falle des 10⁻⁴/a-Hochwasserereignisses bis zum Wehr Winznau in die Aare eingetragen wird.

3.5.2.6 Flusswassertemperatur

Messwerte

Nach dem Stand der vorliegenden Messwerte ist ein Anstieg der Wassertemperaturen in den Schweizer Flüssen zu beobachten, der mit der Lufterwärmung einhergeht (Abbildung 3.5-9 aus OcCC 2007).

Die Flusstemperatur der Aare wird seit 17.12.2002 vom KKG im Einlaufbauwerk ZM00 im Oberwasserkanal aufgezeichnet (KKG 2009a). Die tiefste in diesem Zeitraum gemessene Temperatur beträgt 2.35 °C, die höchste Temperatur erreichte einen Wert von 24.73 °C.

Langjährige Messdaten der Flusstemperatur liegen beim Pegel Aare-Brugg (1970 - 2008) vor, die nächstgelegene hydrometrische Station in der Standortregion. Die Zeitreihe dieser Station zeigt eine Temperaturzunahme von ca. 0.5 K pro 10 Jahre (Abbildung 3.5-10). Aktuell beträgt die mittlere Jahrestemperatur der Aare ca. 12.5 °C. Die mittleren Tagestemperaturen schwanken seit 1970 im Bereich von ca. 2 °C bis 23 °C. Diese Werte zeigen, dass sich die Wassertemperaturen zwischen der KKG Station ZM00 und dem Pegel Aare - Brugg nicht wesentlich verändern. Im betrachteten Zeitraum seit 1990 ist die Anzahl Tage mit Wassertemperaturen über 20 °C zunehmend und die Anzahl Tage mit Temperaturen unter 5 °C abnehmend. Langfristig ist eine Fortsetzung dieses Verhaltens zu erwarten, d. h. es ist absehbar, dass Perioden mit wärmeren Wassertemperaturen länger werden.

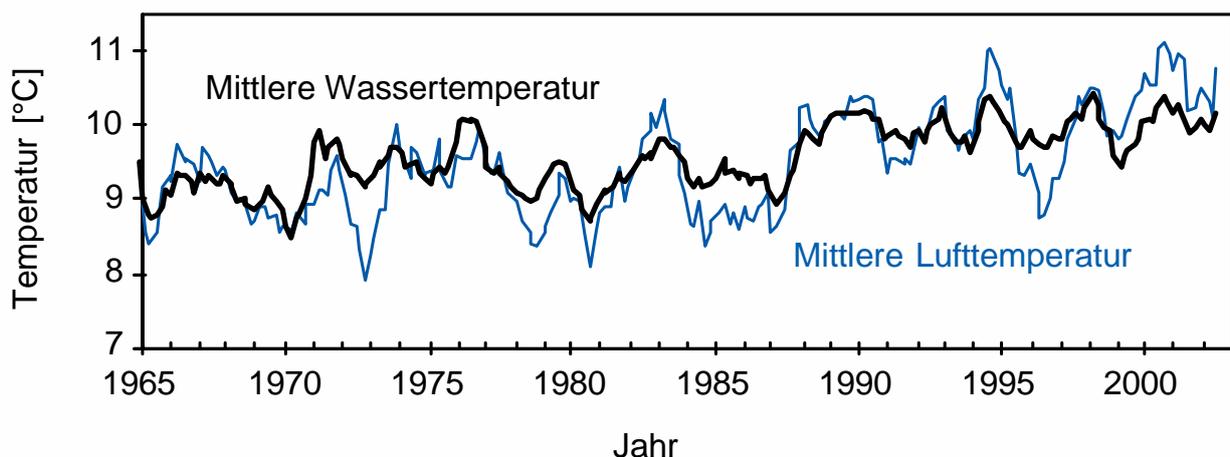


Abbildung 3.5-9 Langjähriger Anstieg der mittleren Wassertemperatur in Schweizer Flüssen (schwarze Kurve) seit 1965, paralleler Verlauf zum Anstieg der Lufttemperatur (blau) (OcCC 2007)

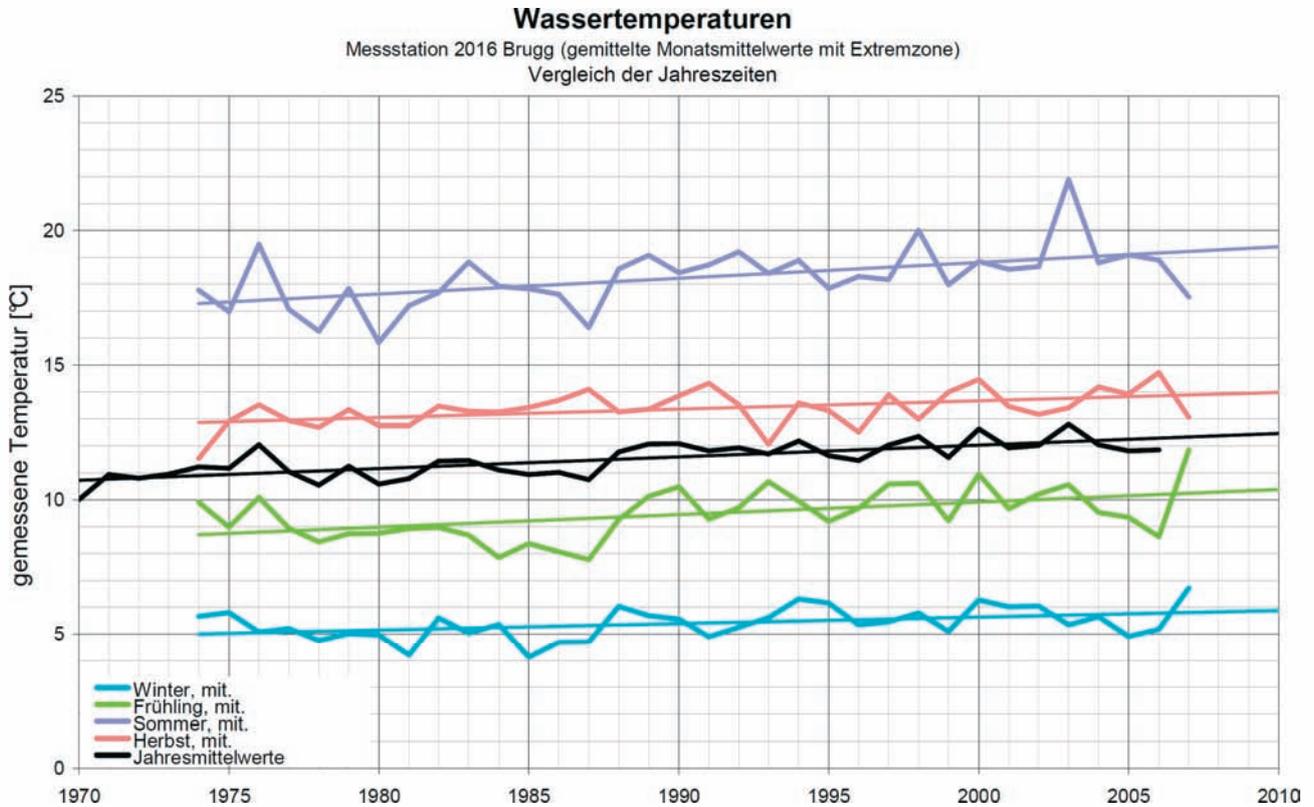


Abbildung 3.5-10 Gemittelte Monatsmittelwerte der Wassertemperaturen der Aare, Messstation Pegel Aare - Brugg. Jahresmittelwerte sowie Vergleich mit den Jahreszeiten mit linearen Ausgleichgeraden zur Orientierung

Der Vergleich der mittleren Wassertemperaturen zeigt einen Temperaturunterschied zwischen Winter und Sommer von ca. 12 - 14 K.

Vereisung von Flusswasserfassungen

Die Erfahrungen des bestehenden Kraftwerkes KKG zeigen, dass es in den bis jetzt mehr als 30 Betriebsjahren nie zu einer Blockierung eines Nebenkühlwasserzulaufes durch Vereisung oder angeschwemmtes Eis gekommen ist. Trotzdem ist es bei andauernd tiefen Umgebungstemperaturen und folglich auch sehr tiefen Wassertemperaturen im Winter denkbar, dass die Rechen der für KKN als eine Option vorgesehenen Nebenkühlwasserzulaufe aus dem Ober- und/oder Unterwasserkanal vereisen. Im Extremfall könnte dies zur vollständigen Blockade des Zulaufes führen.

Unter normalen meteorologischen Bedingungen ist eine Vereisung der Randgebiete im Bereich des Wasserspiegels der Einlauföffnung ins Entnahmebauwerk nicht weiter kritisch, da die Nebenkühlwasserentnahme für das KKN so ausgelegt würde, dass sie auch bei Niedrigwasser unterhalb des Wasserspiegels zu liegen kommt.

Kritischer könnte die Bildung von "Eisbrei" (engl. frazil ice) sein. Dieses Phänomen wurde in nördlichen Klimaregionen beobachtet (USACE 1991). Aufgrund sehr tiefer Lufttemperaturen, -6°C und weniger, kühlt sich das Wasser eines Gewässers oberflächlich schnell sehr stark bis zum Gefrierpunkt ab. In dem abgekühlten Wasser beginnt die Bildung von Eiskristallen z. B. an den im Wasser vorhandenen Schwebstoffen. Turbulente Strömung eines Flusses bzw. Wind unterstützen den Wärmeaustausch und sorgen für die Durchmischung von Eiskristallen und noch nicht gefrorenem Wasser, wodurch ein Eisbrei entsteht. Die Flussströmung bewirkt im Weiteren eine relativ homogene Verteilung des Eisbreis im Fliessquerschnitt, im Gegensatz zu gefrorenem Eis, das aufgrund der Dichte auf der Gewässeroberfläche schwimmt. Daher ist es möglich, dass Eisbrei im Entnahmebauwerk angesaugt wird und in der mechanischen Reinigungsstufe eine Eisschicht ausbildet, die bis zum Verlust der Kühlwasserversorgung führen könnte.

Zur Bewertung der Vereisungsgefahr einer Nebenkühlwasserentnahme aus dem Ober- und/oder Unterwasserkanal wird aufgrund ihrer Länge die Zeitreihe der Tagestemperaturen für die Jahre 1974 - 2008 des unterhalb liegenden Pegels der Station Aare - Brugg verwendet. Da keine bedeutenden Zuflüsse zwischen beiden Orten liegen, kann angenommen werden, dass sich die Wassertemperatur zwischen ihnen nicht bedeutend ändert. Die Zulässigkeit dieser Annahme wurde durch einen Vergleich der Messwerte von Aare - Brugg mit den Aufzeichnungen der Temperatur im Einlaufbauwerk von KKG am Oberwasserkanal aus den Jahren 2003 - 2008 (KKG 2009a) bestätigt. Die beobachtete Minimaltemperatur in Aare - Brugg beträgt 0.71°C , wurde 1985, also nach der Inbetriebnahme von KKG registriert und führte zu keiner Vereisung der Nebenkühlwasserzuläufe des KKG. Es kann angenommen werden, dass auch eine Nebenkühlwasserentnahme für das KKN bei Wassertemperaturen oberhalb 0.71°C nicht vereist. Für Temperaturen unter 0.71°C liegen keine Beobachtungen vor, es könnte also durchaus sein, dass eine Vereisung erst bei geringeren Temperaturen einsetzt.

Mit der Gumbelverteilung der Minima, angepasst mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode (MLM), wird die Unterschreitungshäufigkeit der Wassertemperatur von 0.71°C ermittelt. Abbildung 3.5-11 zeigt den Verlauf der sich ergebenden Verteilungsfunktion mit dem 90% Konfidenzintervall. Unterhalb von 0°C ist Wasser Eis, weshalb das Diagramm bei diesem Wert endet.

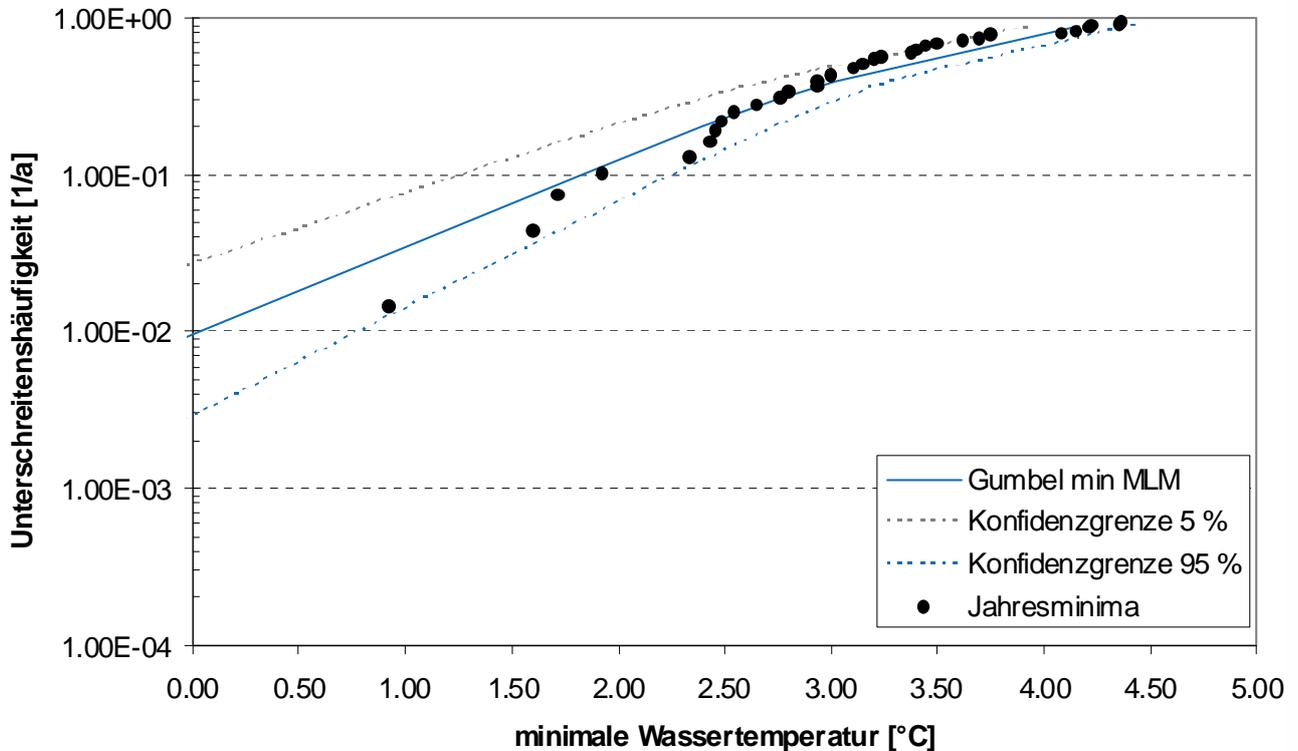


Abbildung 3.5-11 Verteilungsfunktion der jährlichen Wasserminimaltemperatur am Pegel Aare - Brugg, angepasst an die Tagesminimaltemperaturen der Jahre 1974 - 2008, mit 90 % Konfidenzintervall

Die Auswertungen ergeben, dass die Temperatur 0.71 °C mit der Häufigkeit von $2.4 \cdot 10^{-2}/a$ unterschritten wird. Der Gefrierpunkt des Wassers wird mit der Häufigkeit von $9.6 \cdot 10^{-3}/a$ unterschritten.

Ob allfällige Massnahmen gegen Enteisung vorzusehen sind, hängt vom Nebenkühlwasserkonzept ab und wird im Baubewilligungsverfahren unter Berücksichtigung von diversitären Systemen (Kühlzellen, Grundwasser für Notstandsfälle) detailliert behandelt.

Eine Vereisung kann durch geeignete Massnahmen, wie Rezirkulation von warmem Kühlwasser in die Kühlwasserfassung, automatische Rückspülung der mechanischen Reinigungsstufen, speziell beschichtete Rechen und Siebe sowie durch organisatorische Massnahmen beherrscht werden.

Extrem hohe Temperaturen

Zur Bestimmung der mit der Eintrittshäufigkeit von $10^{-4}/a$ maximal zu berücksichtigenden Wassertemperatur wird auf die langfristige Messreihe der mittleren Tagestemperatur des Flusswassers am Pegel Aare-Brugg zurückgegriffen.

An diese Messreihe wird mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode die Gumbelverteilung angepasst. In Abbildung 3.5-12 sind der sich ergebende Verlauf und das 90%-Konfidenzintervall gezeigt.

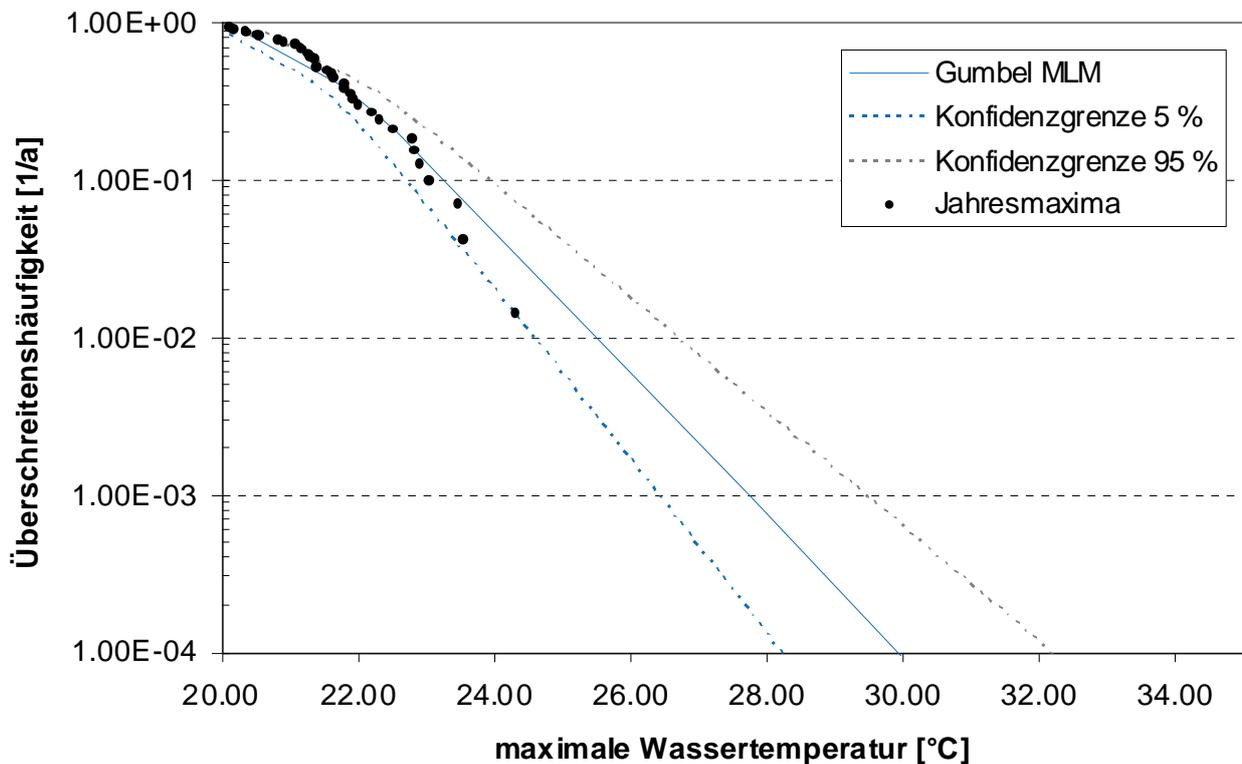


Abbildung 3.5-12 Verteilungsfunktion der jährlichen Wassermaximaltemperatur am Pegel Aare - Brugg, angepasst an die Jahrestagesmaxima der Jahre 1974 - 2008, mit 90% Konfidenzintervall

Aus der Gumbelverteilung wird für die Überschreitungshäufigkeit von $10^{-4}/a$ der Temperaturwert von 30 °C (90%-Konfidenzintervall 28 °C - 32 °C) ermittelt.

Bewertung

Die Wassertemperaturen werden bei der Auslegung von Kühlwassersystemen berücksichtigt.

Im Baubewilligungsverfahren, bei der Auswahl der Nebenkühlwasseroptionen, wird unter Berücksichtigung von diversitären Systemen (Kühlzellen, Grundwasser für Notstandsfälle) abschliessend abgeklärt, im welchem Umfang Extremwerte der Flusswassertemperatur deterministisch berücksichtigt werden müssen.

Ausblick

Aus einer Analyse der Beobachtungen beim Pegel Aare - Brugg geht hervor, dass die Wassertemperatur der Aare um ca. 0.5 K pro 10 Jahre zunimmt. Mittelfristig ist eine Fortsetzung dieser Entwicklung zu erwarten, d.h. Perioden mit wärmeren Wassertemperaturen werden länger (OcCC 2007). Aus der Abbildung 3.5-10 ist erkennbar, dass diese Entwicklung in den Beobachtungen am Pegel Aare - Brugg im Winter weniger markant ist (1 K in 35 Jahren).

In Bezug auf eine potentielle Vereisungsgefahr ist zu erwarten, dass diese mit der Klimaerwärmung und der damit verbundenen Erhöhung der Wassertemperaturen in Zukunft weiter abnehmen wird.

3.5.2.7 Überflutungsmodellierungen

Überflutungen durch Hochwasser am Standort KKN werden mit verschiedenen Szenarien numerisch simuliert.

Auf der Basis der berechneten Überflutungshöhen werden die Mindestkoten des Hauptareales für die jeweiligen Ereignisse ermittelt (siehe Tabelle 3.5-9).

Im Überflutungsmodell ist das Hauptareal KKN als nicht überflutbare Insel simuliert. Eine Durchströmung des Geländes wird damit konservativerweise nicht berücksichtigt. Weiter wird angenommen, dass der gesamte Hochwasserabfluss über die Alte Aare geführt wird, d.h. es gibt keine Entlastung über den Oberwasserkanal des WKW Gösgen. Bei den Szenarien mit der Annahme von Brüchen im Seitendamm des Oberwasserkanales wird konservativerweise der gesamte Hochwasserabfluss in der Alten Aare nicht um den Abfluss über den Kanal vermindert.

Die Simulationen werden in zwei Etappen durchgeführt. Bei der ersten Etappe werden verschiedene Szenarien mit verschiedenen Abflüssen und Randbedingungen betrachtet. Mit der Simulation der Szenarien wird das für den Standort KKN massgebende Hochwasserereignis identifiziert. In der zweiten Etappe wird eine Sensitivitätsanalyse für das massgebende Hochwasserereignis durchgeführt. Zusätzlich werden in zwei Szenarien morphologische Phänomene (bewegliche Sohle mit und ohne Geschiebeeintrag) simuliert.

Nachfolgend werden das Modell, die Randbedingungen, die Kalibrierung, die Szenarien und die durchgeführten Simulationen beschrieben. Detaillierte Informationen sind im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) enthalten.

Berechnungstool

Für die hydraulischen Berechnungen wird das Programmsystem HYDRO_AS-2D (Nujic 2008) eingesetzt. Berechnungen mit beweglicher Sohle (morphologische Berechnungen) erfolgen mit BASEMENT-1D (BASEMENT 2008).

Randbedingungen

Zufluss

Die Überflutungsberechnungen mit dem 2D-Modell werden mit einer stationären Zuflussrandbedingung durchgeführt. Der stationäre Zufluss ist eine konservative Randbedingung; die entsprechenden Resultate der Berechnungen sind daher auch konservativ. Die Zuflusswerte des Modelles entsprechen dabei den in Kapitel 3.5.2.2 ermittelten Hochwasserspitzenabflüssen.

Für die morphologischen Berechnungen ist eine stationäre Randbedingung physikalisch nicht fundiert. Deshalb werden diese Berechnungen mit einer nach den historischen Daten generierten Hochwasserganglinie (Abbildung 3.5-13) instationär durchgeführt.

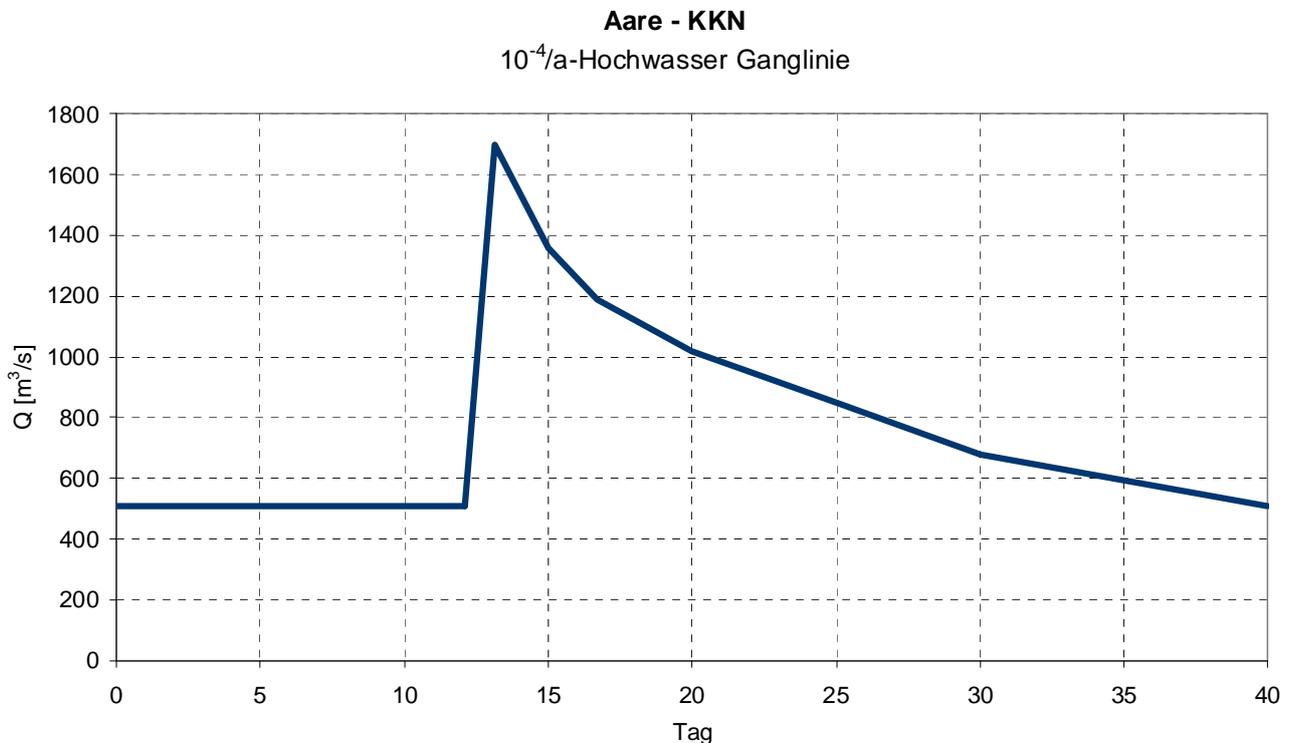


Abbildung 3.5-13 Hochwasserganglinie für den $10^{-4}/a$ -Hochwasserabfluss am Standort KKN

Geschiebeeintrag

Für die morphologischen Berechnungen muss die Geschiebefracht in Form einer Ganglinie am oberen Rand definiert werden. Zu diesem Zweck wird auf Basis der Ganglinie des $10^{-4}/a$ -Hochwassers eine Ganglinie für die in die Aare eingetragene Geschiebefracht von 90'000 m³ hergeleitet (Abbildung 3.5-14).

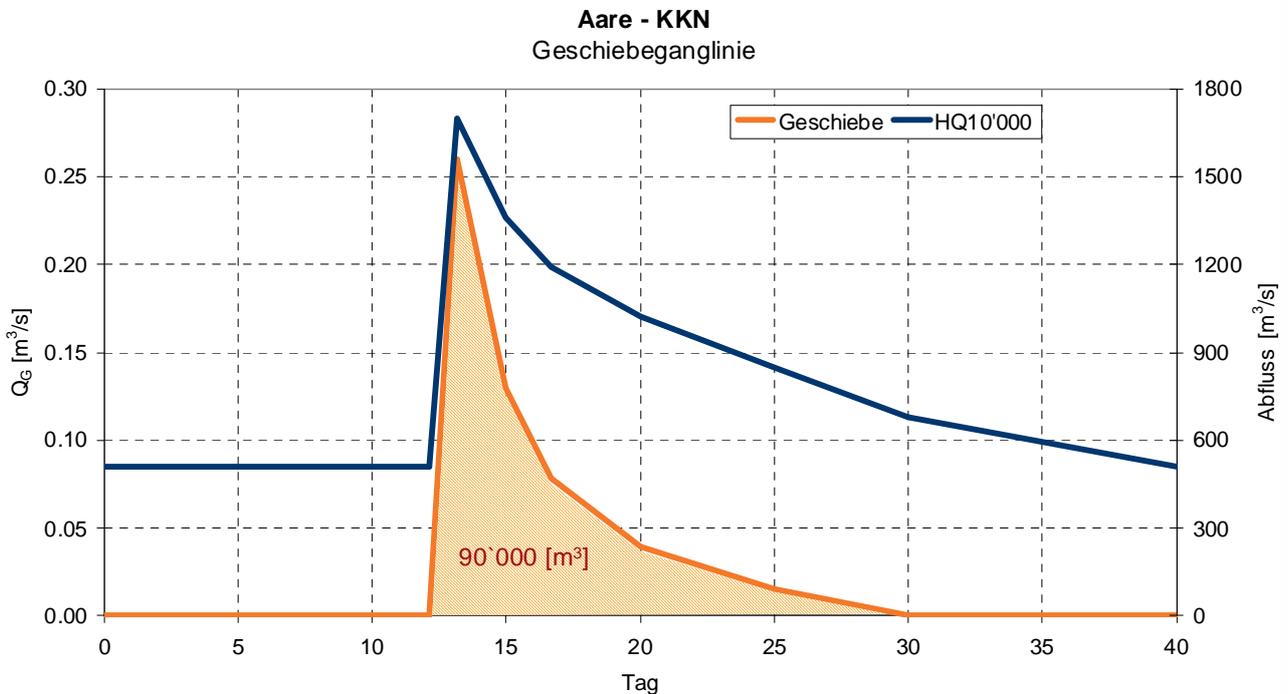


Abbildung 3.5-14 Geschiebeganglinie (Q_G) im Falle des $10^{-4}/a$ -Hochwasserabflusses

Aufbau des Geländemodelles

Das Geländemodell für die Überflutungsberechnungen wird auf Basis der vorhandenen digitalen topografischen Daten in Form eines numerischen Netzes generiert. Abbildung 3.5-15 zeigt das verwendete Geländemodell.

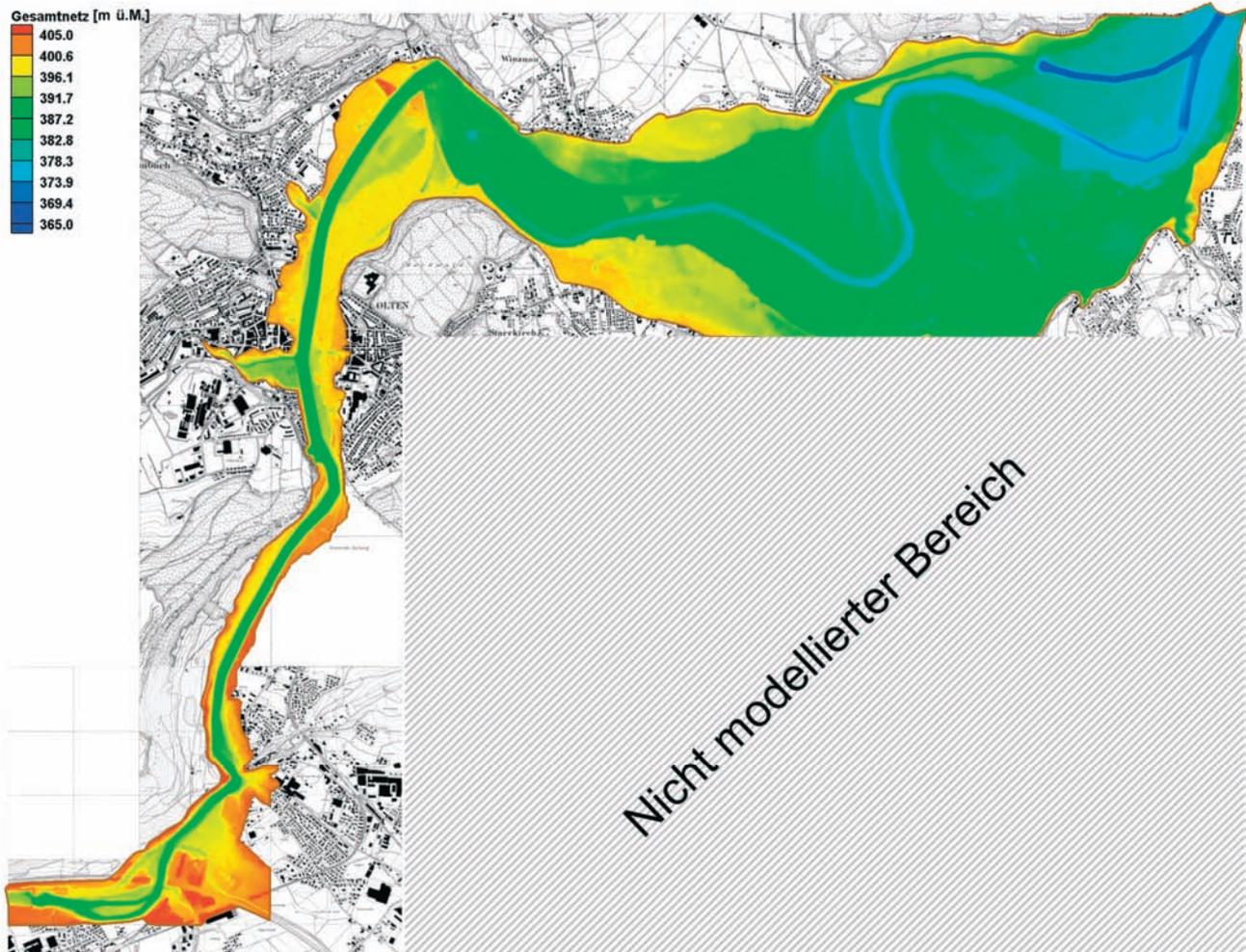


Abbildung 3.5-15 Geländemodell für das zweidimensionale Modell

Für die morphologischen Berechnungen werden aus dem 2D-Geländemodell Querprofile in kürzeren Abständen ermittelt (Abbildung 3.5-16).

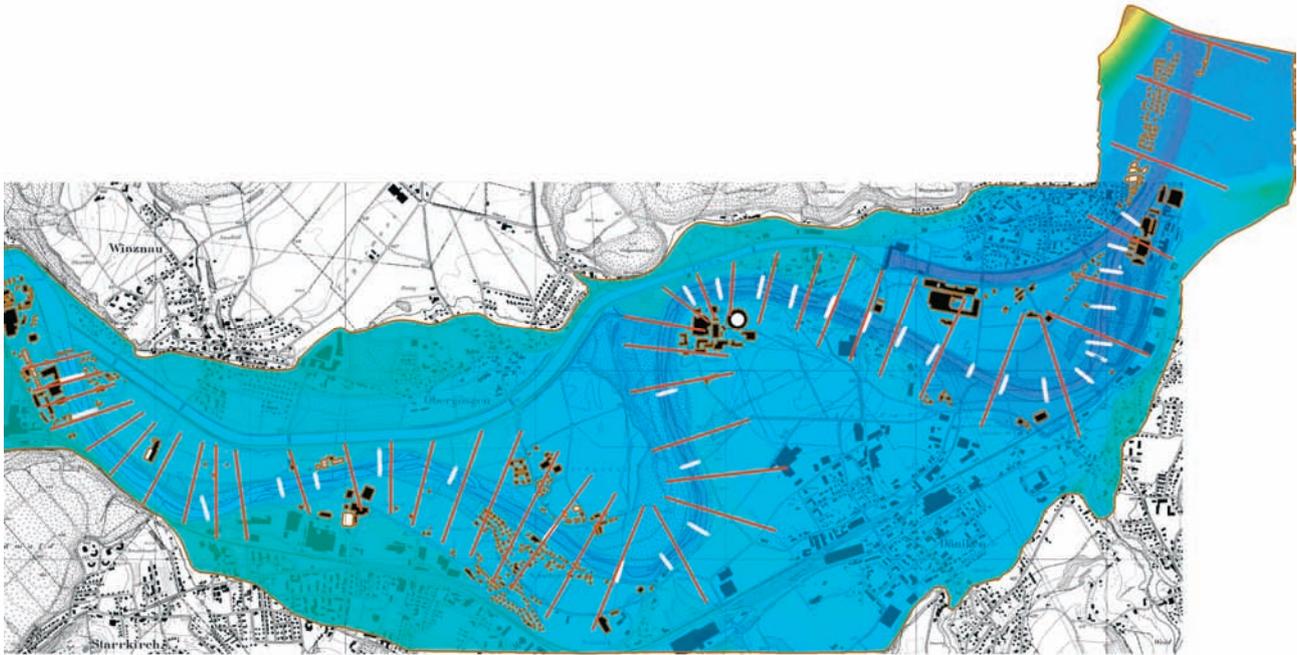


Abbildung 3.5-16 Position der ermittelten Querprofile aus dem 2D-Geländemodell (rot) für das 1D-Modell und die vor Ort aufgenommenen Querprofile im Gelände (weiss)

Kalibrierung

Kalibrierung des zweidimensionalen Modelles

Das Modell wurde auf Basis der Unterwasserpegel (UW)-Messungen am Wehr Winznau kalibriert (Abbildung 3.5-17). Zusätzlich wurde das Hochwasserereignis von 2007 simuliert und mit entsprechenden Luftaufnahmen verglichen. Dabei wird eine gute Übereinstimmung sowohl bezüglich der überfluteten Flächen als auch der Wassertiefen festgestellt. Abbildung 3.5-18 und Abbildung 3.5-19 zeigen exemplarisch den Vergleich zwischen den Berechnungsergebnissen und den Luftaufnahmen beim Hochwasser von 2007 unterhalb der Verzweigung Alte Aare - Oberwasserkanal.

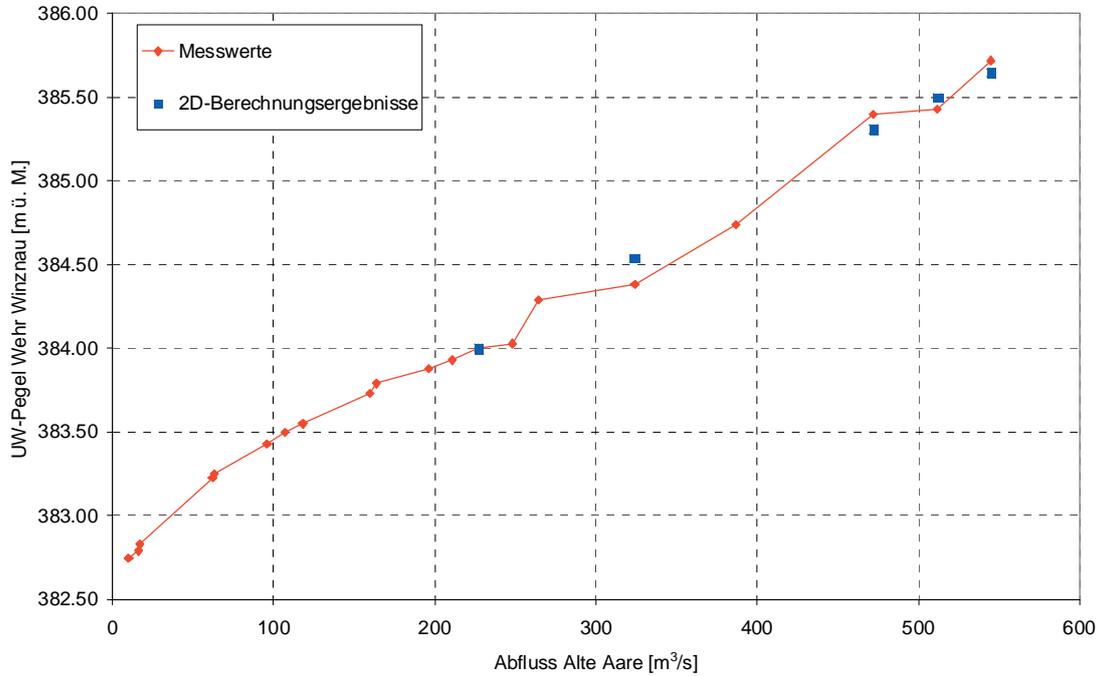


Abbildung 3.5-17 Gemessene und berechnete Wasserspiegel am UW-Pegel Wehr Winznau



Abbildung 3.5-18 Luftaufnahme während des Hochwassers von 2007
(X stellt eine Orientierungshilfe zum Vergleich mit der Abbildung 3.5-19 dar.
Der Pfeil zeigt die Fließrichtung in der Alten Aare)

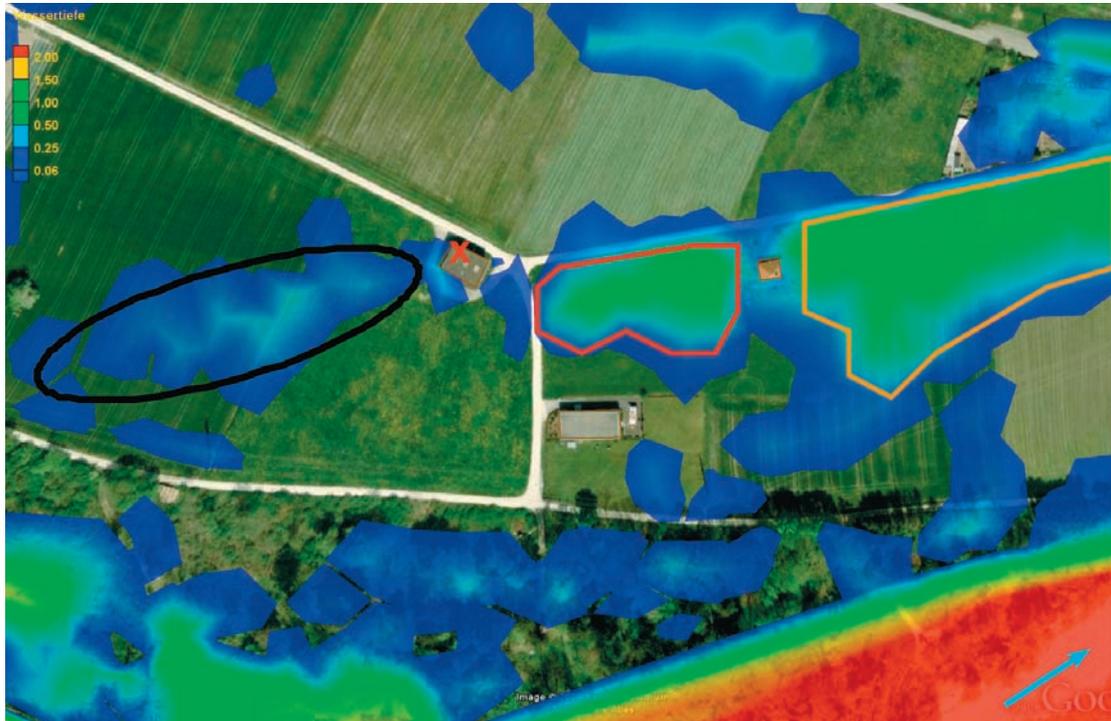


Abbildung 3.5-19 Simulationsergebnis des Hochwassers von 2007
(X stellt eine Orientierungshilfe zum Vergleich mit der Abbildung 3.5-18 dar.
Der Pfeil zeigt die Fließrichtung in der Alten Aare)

Kalibrierung des eindimensionalen Modelles

Das 1D Modell wurde ebenfalls aufgrund der Unterwasserpegel-Messungen am Wehr Winznau kalibriert (Abbildung 3.5-20).

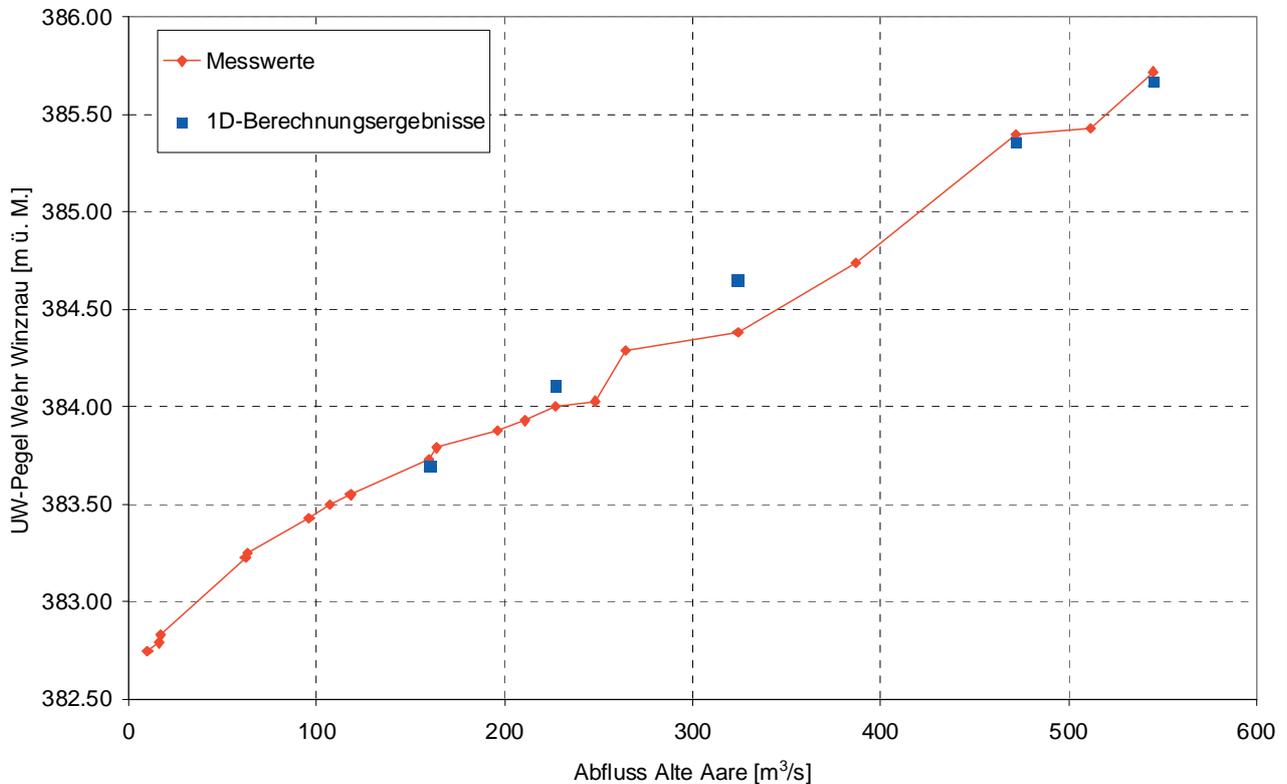


Abbildung 3.5-20 Gemessene und berechnete Wasserspiegel am UW-Pegel Wehr Winznau

Berechnungsszenarien

Die Berechnungen werden in zwei Gruppen von Szenarien unterteilt.

Szenariengruppe 1 - Bestimmung des massgebenden Hochwassers

Bei der Szenariengruppe 1 werden verschiedene Abflüsse und Randbedingungen betrachtet und das massgebende Hochwasserereignis bestimmt.

Die berücksichtigten Szenarien sind in der Tabelle 3.5-4 zusammengefasst.

Tabelle 3.5-4 Szenariengruppe 1

Szenario	Hauptereignis	Abfluss der Aare [m ³ /s]	Zusatzereignis	
			Momentanbruch Wehr Winznau	Dammbresche
1 - 1	Q _{Ausbau} (Ausbauwassermenge WKW Gösgen, 2008)	380	ja	nein
1 - 2	1/a-Hochwasserabfluss	780	ja	nein
1 - 3	10 ⁻² /a-Hochwasserabfluss	1'300	ja	nein
1 - 4	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	1'700	ja	nein
1 - 5	1/a-Hochwasserabfluss	780	nein	ja
1 - 6	10 ⁻³ /a-Hochwasserabfluss	1'450	nein	nein
1 - 7	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	1'700	nein	nein
1 - 8	Bruch von Stauanlagen im Einzugsgebiet der Aare	---	nein	nein

Bei allen Ereignissen wird die (n-1)-Regel beim Wehr Winznau berücksichtigt, d.h. das leistungsfähigste Wehrfeld ist vor dem Wehrbruch geschlossen. Alle Szenarien ausser Nr. (1 - 8) werden mit dem 2D-Modell gerechnet. Für das Szenario (1 - 8) werden die Berechnungen des damaligen Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) verwendet (BFE 2009). Gemäss den Angaben des BWG basieren die ausgeführten 1D-Berechnungen auf äusserst konservativen Annahmen, indem eine ungünstige Kombination mit Bruch sämtlicher Staumauern an Saane und Aare (Hongrin + Montsalvens + Rossens + Schiffenen + Wohlensee) angenommen und deren Überlagerung untersucht wird. Die entsprechenden Resultate der Überflutungsrechnungen des BWG sind daher auch konservativ.

Ergebnisse der Berechnungen nach der Szenariengruppe 1

Die berechneten Wasserstände sind im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) dargestellt.

Tabelle 3.5-5 zeigt die maximalen Wasserstände an der sogenannten kritischen Stelle der Aare (Abbildung 3.5-21). Das Ufer an der kritischen Stelle hat eine Höhenkote von 382.00 m. ü. M. Überschreitet das Hochwasser diese Kote, so tritt das Wasser über das Ufer und verursacht die Überschwemmung des hinter- und tiefer liegenden Gebietes östlich des Ufers, wo das Hauptareal KKN liegt. Die jeweiligen erforderlichen Mindestkoten des Hauptareales, damit dieses dabei nicht überflutet wird, sind in der Tabelle 3.5-9 für alle untersuchten Szenarien zusammengestellt.

Tabelle 3.5-5 Berechnete maximale Wasserstände an der kritischen Stelle (Abbildung 3.5-21)

Szenario	Hauptereignis	Max. Wasserstand [m ü. M.]
1 - 1	Q _{Ausbau}	377.95*
1 - 2	1/a-Hochwasserabfluss	380.30*
1 - 3	10 ⁻² /a-Hochwasserabfluss	381.95*
1 - 4	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	382.70
1 - 5	1/a-Hochwasserabfluss	380.05*
1 - 6	10 ⁻³ /a-Hochwasserabfluss	382.35
1 - 7	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	382.65
1 - 8	Bruch von Stauanlagen im Einzugsgebiet der Aare	381.50*

* Keine Überschwemmung des Gebietes östlich der kritischen Stelle (mit dem Hauptareal KKN)

Abbildung 3.5-21 zeigt die Dammbresche beim Szenario (1 - 5) und die kritische Stelle.

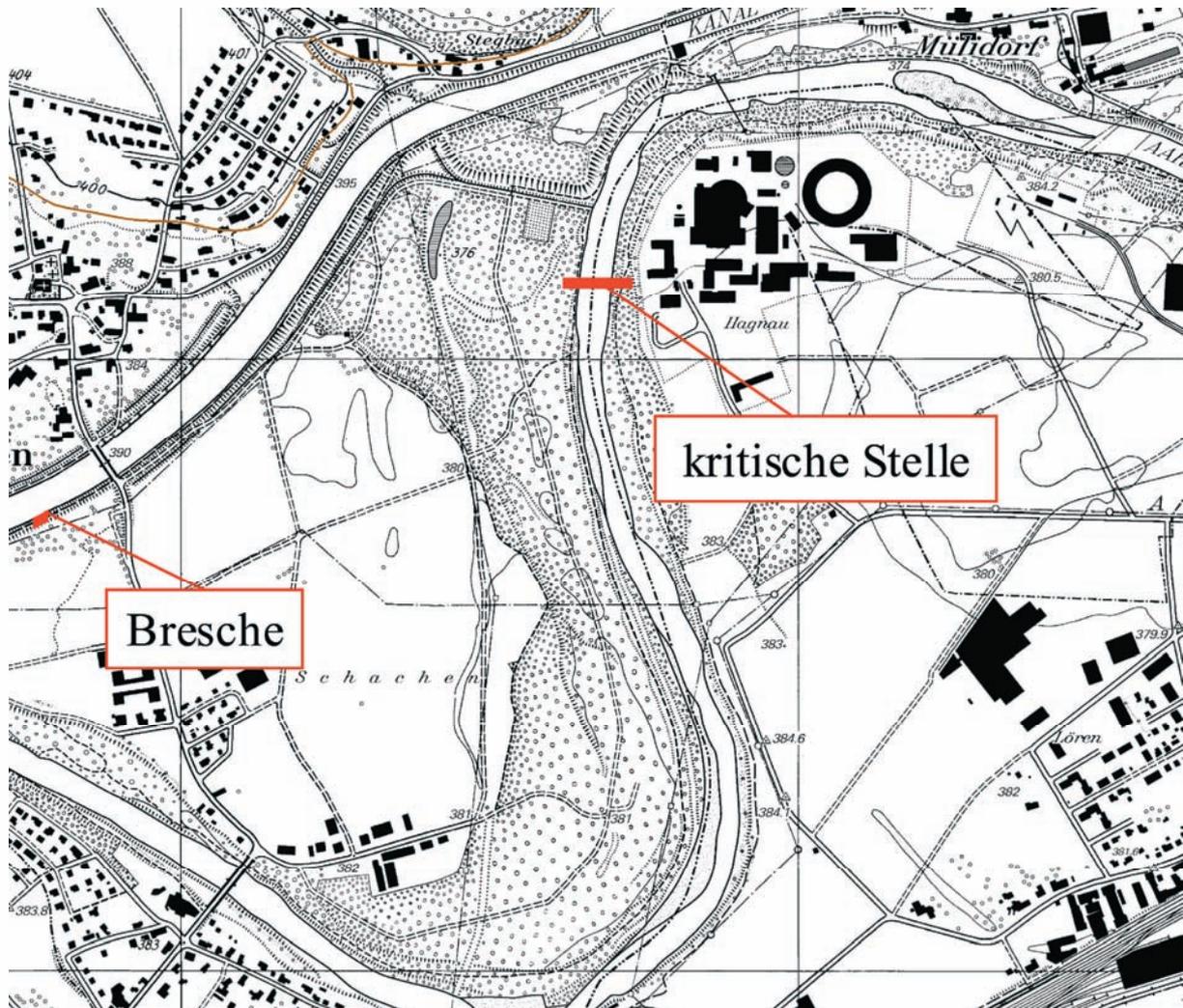


Abbildung 3.5-21 *Bresche im Seitendamm des Oberwasserkanales und Lage der kritischen Stelle für die berechneten Wasserstände*

Aufgrund der Berechnungsergebnisse aller Szenarien und des sehr kleinen Unterschiedes zwischen dem Fall $10^{-4}/a$ -Hochwasserabfluss mit Wehrbruch (Szenario 1 - 4) und demselben Fall ohne Wehrbruch (Szenario 1 - 7) wird das Einzelereignis $10^{-4}/a$ -Hochwasserabfluss ohne Wehrbruch als das massgebende Hochwasserereignis festgelegt. Abbildung 3.5-22 zeigt die berechneten Wasserstände und die Überschwemmungsfläche infolge des $10^{-4}/a$ -Hochwasserabflusses. Ausgehend von diesem massgebenden Hochwasserereignis werden die weiteren Szenarien definiert (Szenariengruppe 2), von denen wiederum solche mit Wehrbrüchen berücksichtigt werden.

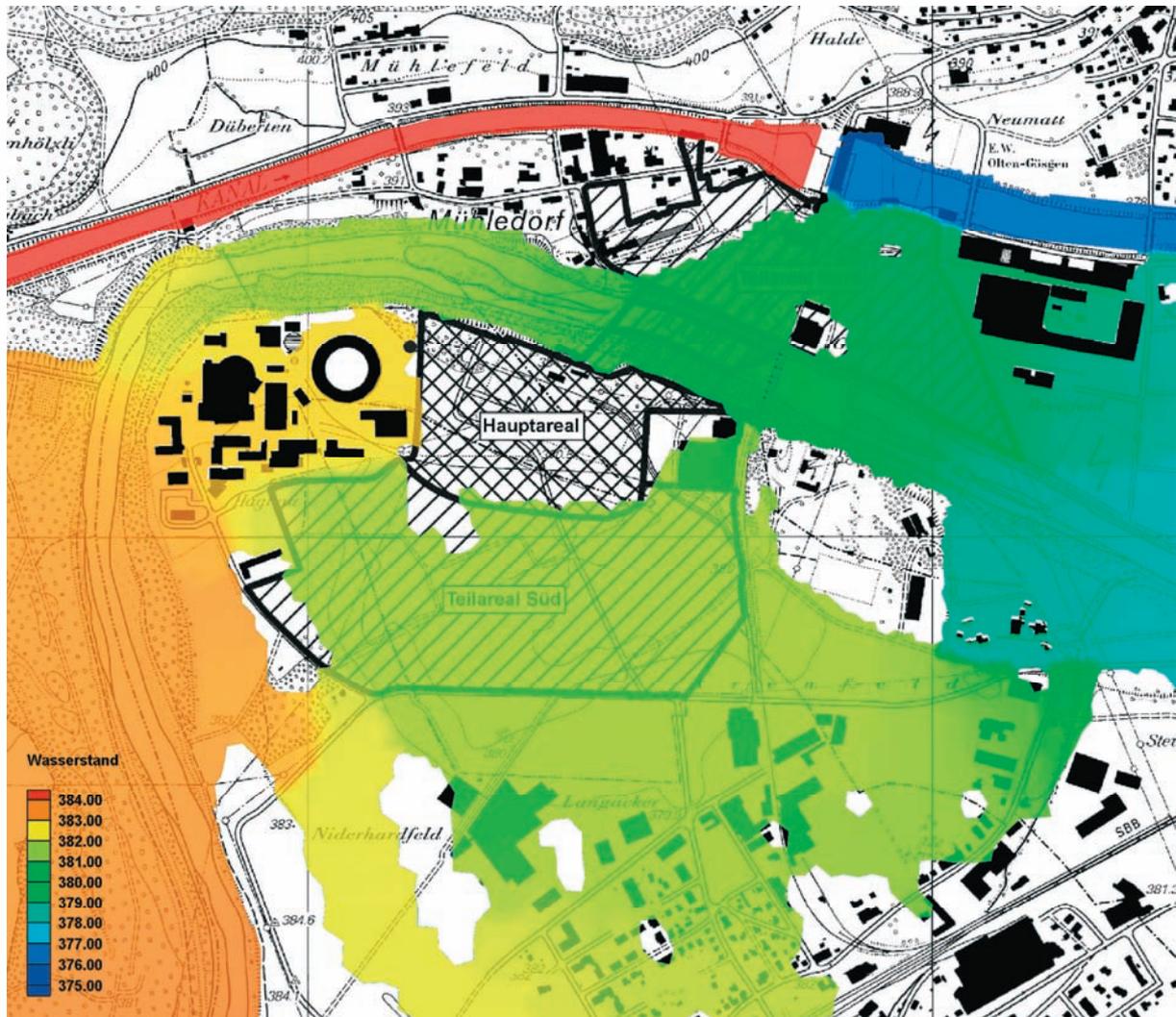


Abbildung 3.5-22 Die berechneten Wasserstände und die Überschwemmungsfläche in Folge des $10^{-4}/a$ -Hochwasserabflusses (Szenario 1 - 7)

Szenariengruppe 2 - Sensitivitätsanalyse zum massgebenden Hochwasser

Die Szenariengruppe 2 dient hauptsächlich als Sensitivitätsanalyse für das massgebende Hochwasserereignis mit der Eintrittshäufigkeit von $10^{-4}/a$. Dabei wird auch ein Szenario mit Überflutung beim PMF berücksichtigt.

Die simulierten Rechenfälle sind in der Tabelle 3.5-6 zusammengefasst.

Sie sind in zwei Hauptkategorien unterteilt:

1. Hydraulische Szenarien, die mit dem zweidimensionalen Modell untersucht wurden (Szenarien 2 - 1 bis 2 - 13). Die zehnpromtente Erhöhung des Abflusses beim Szenario (2 - 2) berücksichtigt ausserdem eine Zuflusserrhöhung durch die klimaänderungsbedingte Niederschlagerrhöhungen für die Extremereignisse (siehe Kapitel 3.5.2.2). Mit den Szenarien (2 - 6) und (2 - 7) wird der Einfluss von Verklausungen der Aarebrücke Gösger, zum Beispiel durch Schwemmhohz untersucht (Abbildung 3.5-23).
2. Morphologische Szenarien, die mit dem eindimensionalen Modell untersucht wurden (Szenarien 2 - 14 bis 2 - 15)

In den morphologischen Szenarien wird die Flusssohle im Gegensatz zu hydraulischen Szenarien als mobilisierbar (bewegliche Sohle) betrachtet. Das Sohlenmaterial und das eingetragene Gesschiebe können dadurch von der Strömung erodiert, transportiert und abgelagert werden. Es wird untersucht, ob die bewegliche Sohle bedeutende Auswirkungen auf die berechneten Überflutungshöhen hat.

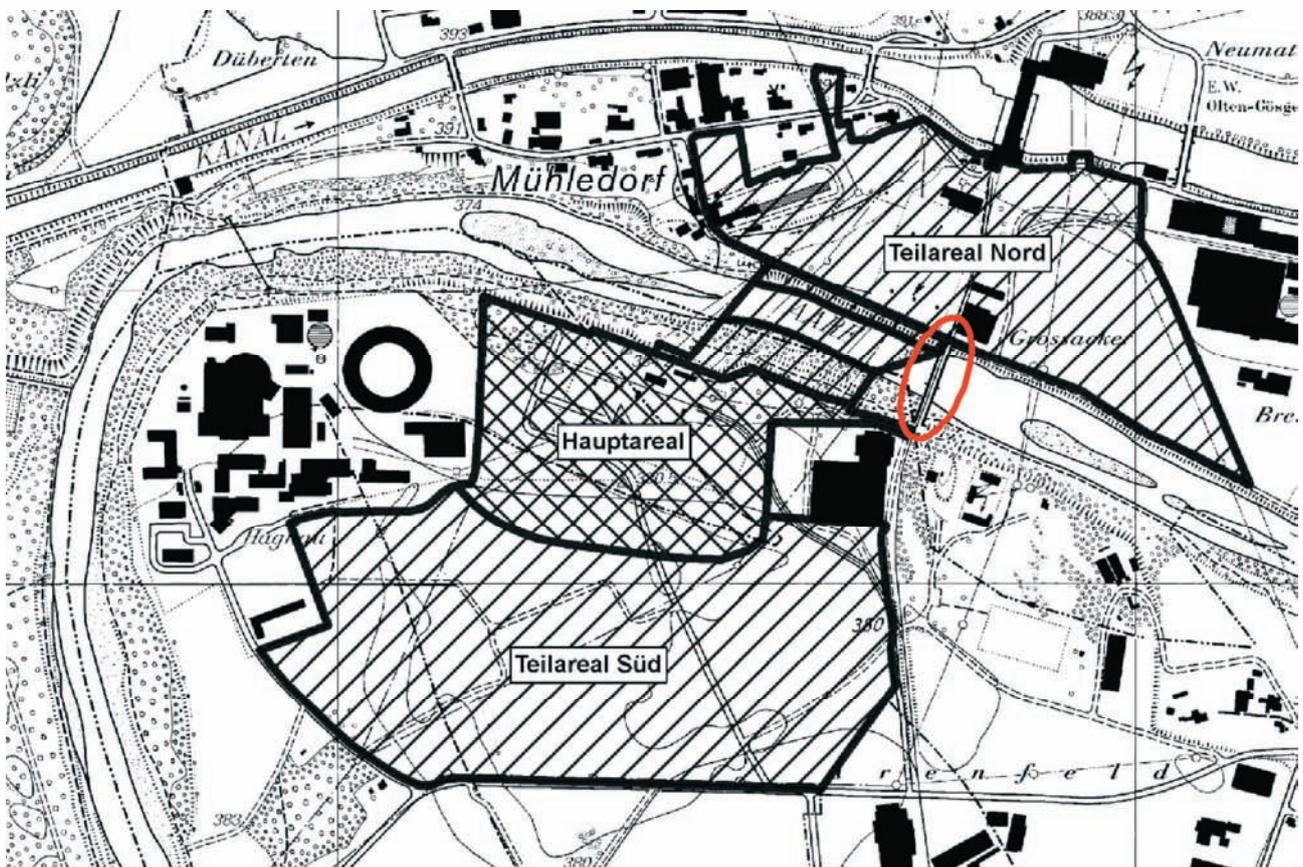


Abbildung 3.5-23 Verklausungsstelle - Aarebrücke Gösger

Tabelle 3.5-6 Szenariengruppe 2

Szenario	Ereignis	Abfluss der Aare [m ³ /s]	Modell	
2 - 1	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (= Szenario 1 - 7)	1'700	Zweidimensionales (2D-) Modell	
2 - 2	> 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (Q x 110 %)	1'870		
2 - 3	< 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (Q x 90 %)	1'530		
2 - 4	PMF	2'100		
Szenario	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss + Zusatzeignis	Abfluss der Aare [m ³ /s]		Zweidimensionales (2D-) Modell
2 - 5	Brückenverklausung 0 % (= Szenario 2 - 1)	1'700		
2 - 6	Brückenverklausung 50 %			
2 - 7	Brückenverklausung 100 %			
2 - 8	Wehrbruch Winznau (n-1) (= Szenario 1 - 4)	1'700		
2 - 9	Wehrbruch Winznau (n-2)			
2 - 10	Wehrbruch Winznau (n-n)			
2 - 11	Dammbruch - Bresche 1	1'700		
2 - 12	Dammbruch - Bresche 2			
2 - 13	Dammbruch - Bresche 3			
2 - 14	Bewegliche Sohle ohne Geschiebeeintrag	1'700	1D- Modell	
2 - 15	Bewegliche Sohle mit Geschiebeeintrag			

Bei der (n-x)-Regel wird angenommen, dass von insgesamt n Wehrfeldern des Wehres Winznau die x leistungsfähigsten Wehrfelder vor dem Wehrbruch geschlossen sind.

Abbildung 3.5-24 zeigt die Lage der Breschen entlang des Oberwasserkanales bei den Szenarien (2 - 11 bis 2 - 13).

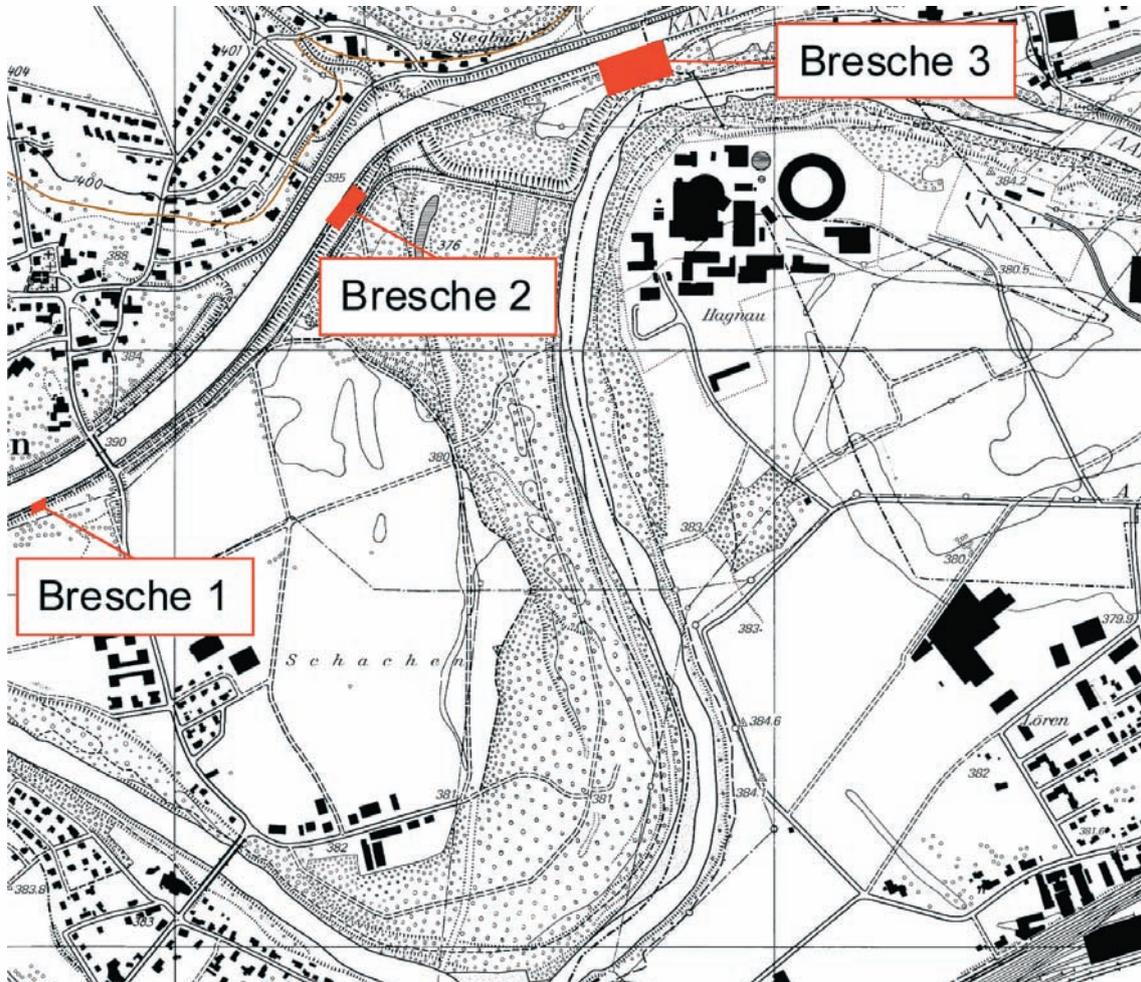


Abbildung 3.5-24 Standort der Breschen im Seitendamm des Oberwasserkanales

Die jeweiligen Breiten der Breschen wurden gemäss (BWG 2002b) festgelegt und sind in der Tabelle 3.5-7 angegeben.

Tabelle 3.5-7 Breite der Breschen

Bresche	1	2	3
Breite [m]	7	21	23

Ergebnisse der Berechnungen nach der Szenariengruppe 2

Die berechneten Wasserstände nach den Szenarien sind im Fachbericht (AF-Colenco 2009d) dargestellt. Tabelle 3.5-8 zeigt die maximalen Wasserstände an der kritischen Stelle der Aare (Abbildung 3.5-21).

Tabelle 3.5-8 *Berechnete maximale Wasserstände für Szenariengruppe 2 an der kritischen Stelle*

Szenario	Ereignis	Max. Wasserstand [m ü. M.]	Modell	
2 - 1	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (= Szenario 1 - 7)	382.65	Zweidimensionales (2D-) Modell	
2 - 2	> 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (Q x 110 %)	382.90		
2 - 3	< 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (Q x 90 %)	382.35		
2 - 4	PMF	383.20		
Szenario	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss + Zusatzereignis	Max. Wasserstand [m ü. M.]		Zweidimensionales (2D-) Modell
2 - 5	Brückenverklausung 0 % (= Szenario 2 - 1)	382.65		
2 - 6	Brückenverklausung 50 %	382.80		
2 - 7	Brückenverklausung 100 %	383.15		
2 - 8	Wehrbruch Winznau (n-1) (= Szenario 1 - 4)	382.70		
2 - 9	Wehrbruch Winznau (n-2)	382.75		
2 - 10	Wehrbruch Winznau (n-n)	382.75		
2 - 11	Dammbruch - Bresche 1	382.65		
2 - 12	Dammbruch - Bresche 2	382.75		
2 - 13	Dammbruch - Bresche 3	382.60		
2 - 14	Bewegliche Sohle ohne Geschiebeeintrag	382.25	1D- Modell	
2 - 15	Bewegliche Sohle mit Geschiebeeintrag	382.35		

Die Ergebnisse der morphologischen Berechnungen (Szenarien 2 - 14 und 2 - 15) sind in Abbildung 3.5-25 und Abbildung 3.5-26 dargestellt. In den Abbildungen ist die ungefähre Lage von KKN eingezeichnet. Abbildung 3.5-25 zeigt die Sohlenlage der Aare nach dem Hochwasserereignis ohne Geschiebeeintrag. Die Sohle wird kaum mobilisiert und bleibt selbst beim 10⁻⁴/a-Hochwasserabfluss stabil. Die Wasserspiegellage ändert sich kaum im Vergleich zum Berechnungsfall mit der festen Sohle.

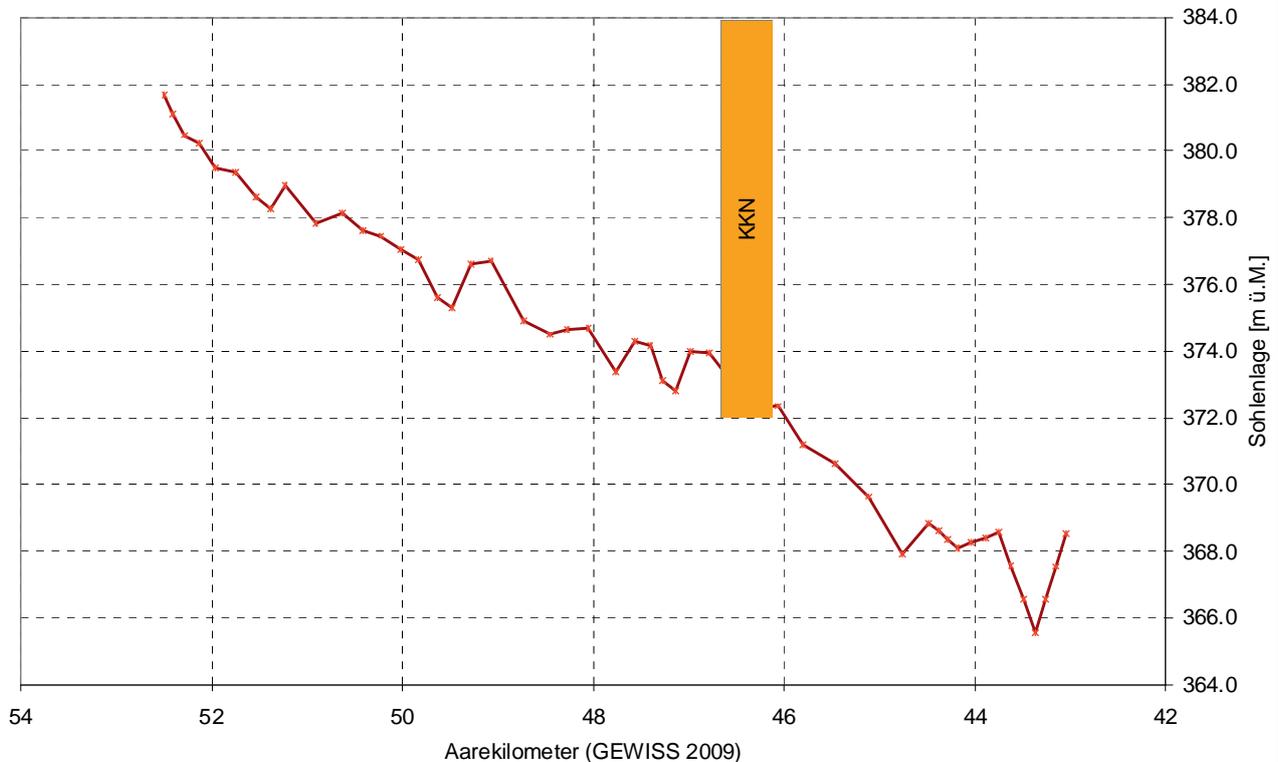


Abbildung 3.5-25 Sohlenlage vor (braun) und nach (rot) dem Hochwasser ohne Geschiebeeintrag (keine erkennbaren Änderungen)

Abbildung 3.5-26 zeigt die maximalen Auflandungen in der Aare. Die vereinfachten Berechnungen zeigen, dass die starken Ablagerungen beim Aarekilometer 47.6 einen geringen Einfluss auf die für den Standort KKN massgebende maximale Wasserspiegellage in der Aare haben, weil die maximalen Auflandungen erst mit Zeitverzögerung zum Spitzenabfluss auftreten.

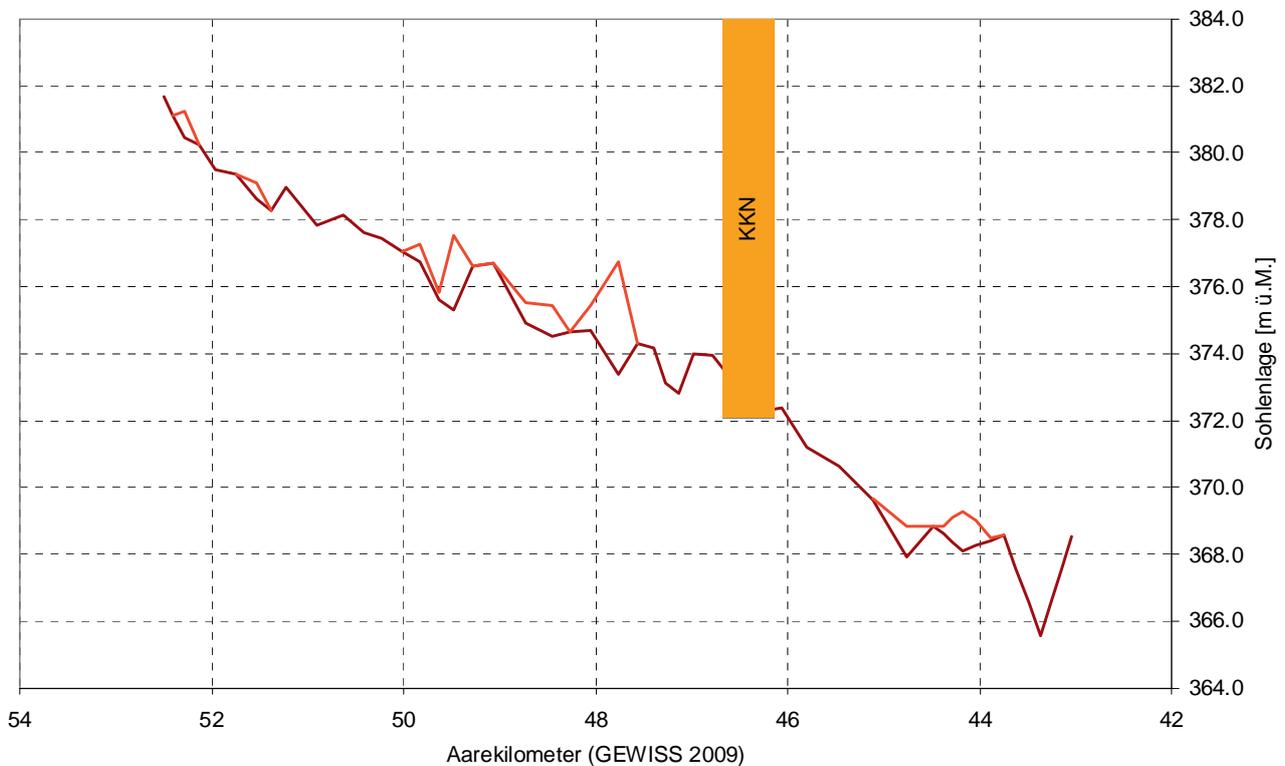


Abbildung 3.5-26 Maximale Auflandungen (rot) nach dem Hochwasser mit Geschiebeeintrag (braun: Ausgangsohle)

Ufererosion

Das Ufererosionspotential kann auf der Basis der Sohlenschubspannungen abgeschätzt werden. Abbildung 3.5-27 zeigt die berechneten Sohlenschubspannungen im Falle des 10^{-4} /a-Hochwasserabflusses im Bereich des Projektareales KKN. Allfällige Sohlenerosionen in der Aare deuten auf ein gewisses Gefahrenpotential für Ufererosionen hin. Dieses ist allerdings nur lokal. In Abbildung 3.5-27 sind die rechten Uferpartien rot markiert. Das Ufer kann an diesen Stellen durch bauliche Massnahmen geschützt werden, um die Ufererosionsgefahr zu minimieren.

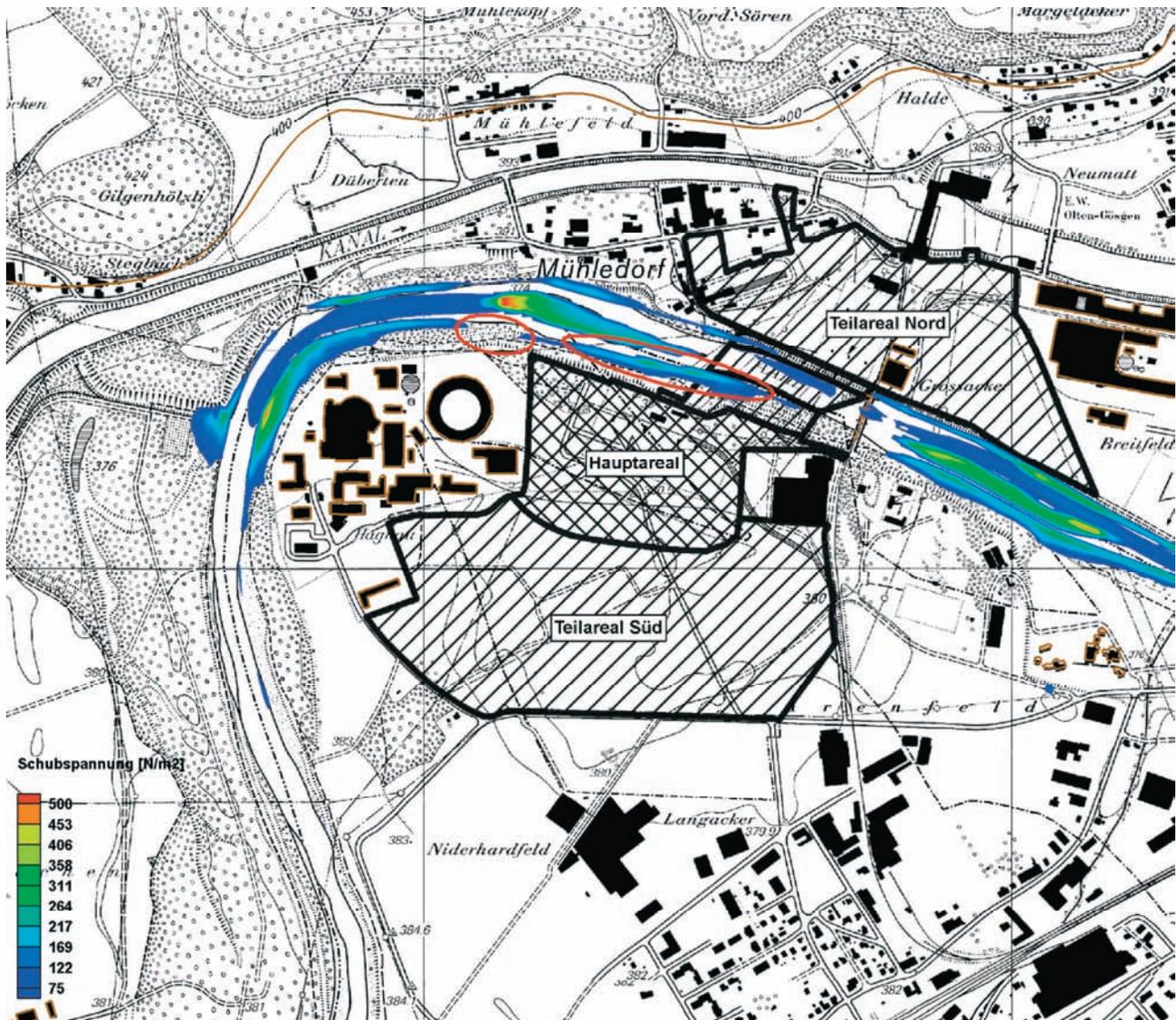


Abbildung 3.5-27 Maximale Sohlenschubspannung für den Fall des $10^{-4}/a$ -Hochwasserabflusses (rechte Uferpartien mit lokalem Gefahrenpotential sind rot umrandet)

Erforderliche Mindestkote des Hauptareales

Basierend auf den Berechnungen wird die minimale Aufschüttungskote bestimmt, die notwendig ist, damit bei den Hochwasserereignissen das Hauptareal KKN nicht überflutet wird (Tabelle 3.5-9). Die höchste benötigte Mindestkote von 382.45 m ü. M wird bei einem $10^{-4}/a$ -Hochwasser mit der vollständigen Verklauung der Brücke unterhalb des Hauptareales (Szenario 2 - 7) erreicht. Die entsprechenden berechneten Wasserstände sind in Abbildung 3.5-28 dargestellt.

Aus der Tabelle 3.5-9 geht hervor, dass bei einer Aufschüttung auf einer Kote von rund 382.5 m ü. M. das Hauptareal bei allen Hochwasserereignissen nicht überflutet würde.

Die effektive Aufschüttungshöhe und der Umfang des aufzuschüttenden Arealen werden im Bau-
bewilligungsverfahren festgelegt, unter Berücksichtigung der Anlagendisposition.

Tabelle 3.5-9 Erforderliche Mindestkote des Hauptareales KKN

Szenario	Ereignis	Mindestkote [m ü. M.]
1 - 1	Q _{Ausbau}	---*
1 - 2	1/a-Hochwasserabfluss	---*
1 - 5	1/a-Hochwasserabfluss mit Dammbresche	---*
1 - 3	10 ⁻² /a-Hochwasserabfluss	---*
1 - 8	Bruch einer Stauanlage im Einzugsgebiet der Aare	---*
1 - 6	10 ⁻³ /a-Hochwasserabfluss	382.15
2 - 3	90% vom 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	382.15
2 - 11	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Dammbresche 1	382.20
1 - 7	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	382.25
2 - 1		
2 - 5		
1 - 4	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Wehrbruch Winznau (n-1)	382.25
2 - 8		
2 - 9	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Wehrbruch Winznau (n-2)	382.25
2 - 10	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Wehrbruch Winznau (n-n)	382.25
2 - 12	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Dammsche 2	382.25
2 - 13	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Dammsche 3	382.25
2 - 14	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (bewegliche Sohle ohne Geschiebeeintrag)	382.25
2 - 15	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss (bewegliche Sohle mit Geschiebeeintrag)	382.25
2 - 2	110% vom 10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss	382.30
2 - 6	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Brückenverkläusung 50 %	382.30
2 - 4	PMF	382.40**
2 - 7	10 ⁻⁴ /a-Hochwasserabfluss mit Brückenverkläusung 100 %	382.45**

* keine Überschwemmung des Gebietes östlich der kritischen Stelle (Abbildung 3.5-21), wo das Hauptareal KKN liegt

** Beim Szenario (2 - 7) mit der Verkläusung der Aarebrücke Gösgen (Abbildung 3.5-23) ist der Wasserstand bei der kritischen Stelle ca. 5 cm tiefer, als beim Szenario (2 - 4) mit dem PMF (Tabelle 3.5-8). Die Überschwemmungshöhe um das Hauptareal KKN und damit die erforderliche Mindestkote des Hauptareales liegt jedoch ca. 5 cm höher als beim PMF. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Fall das Gebiet um das Hauptareal nicht nur aus Westen über die kritische Stelle (Abbildung 3.5-21), sondern auch aufgrund der postulierten Brückenverkläusung aus Norden überschwemmt wird.

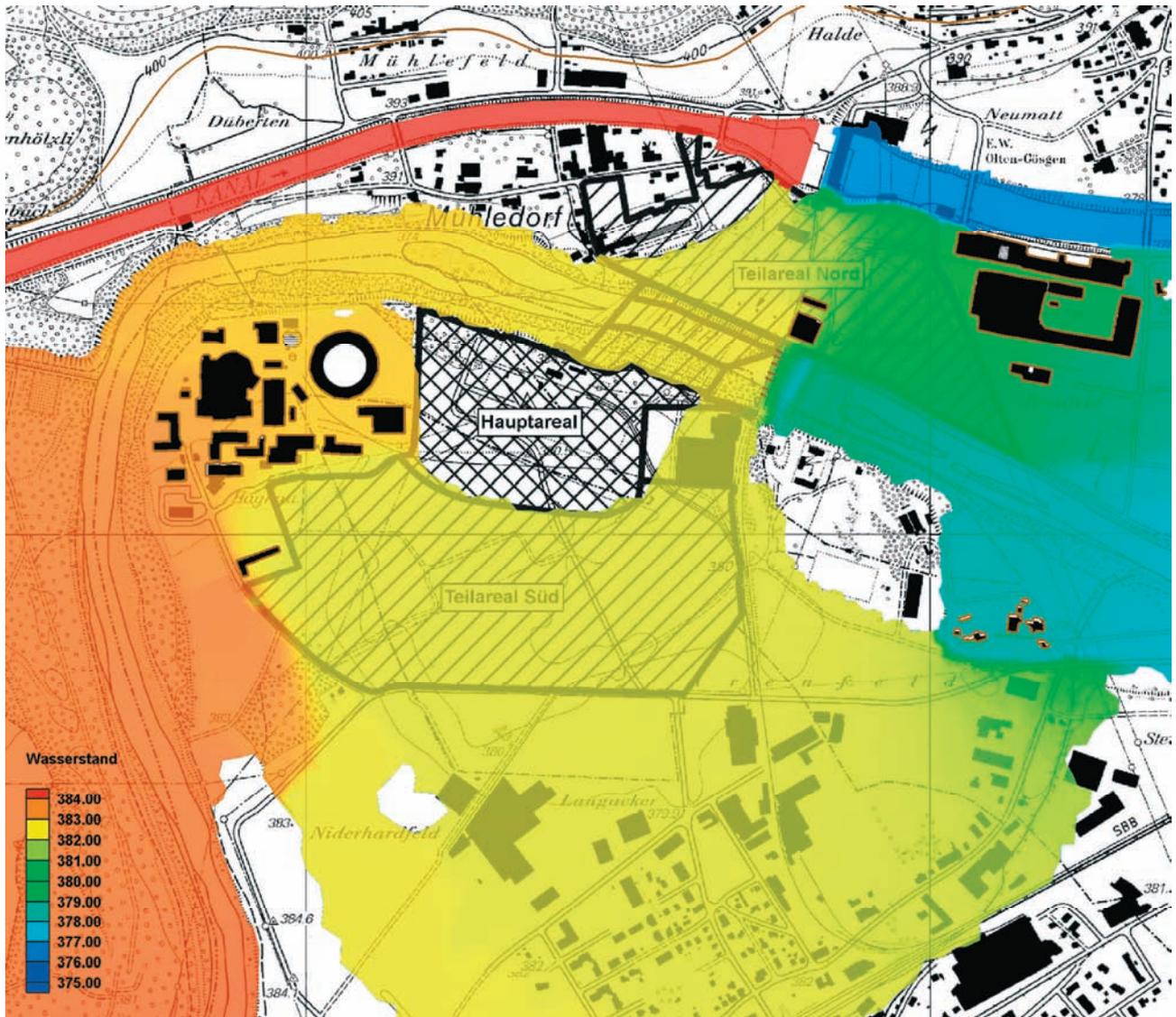


Abbildung 3.5-28 Berechnete Wasserstände für das Szenario (2 - 7)

3.5.2.8 Verstopfung von Flusswasserfassungen

Nebst Überflutung, Niederwasser und Erosion gilt die Verstopfung der Einlassrechen und -siebe der Nebenkühlwasserversorgung als ein sicherheitsrelevantes Ereignis. Die Beurteilung dieses Gefährdungspotentials stützt sich im Rahmen dieses Berichtes aus Analogiegründen auf die Situation beim bestehenden KKG ab.

Die Nebenkühlwasserfassungen werden routinemässig einmal pro Schicht auf einwandfreien Zustand kontrolliert, bei höherer Verstopfungsgefahr wie bei Hochwasser oder sonstigen Gefährdungssituationen häufiger. Bis heute, d. h. nach einer mehr als 30-jährigen Betriebsphase, sind beim KKG keine Verstopfungen aufgetreten, die nicht durch Gegenmassnahmen rechtzeitig aufgehoben werden konnten.

Die Verstopfungsgefahr der Nebenkühlwasserfassungen des KKG aus dem Ober- und Unterwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen wurde probabilistisch im Rahmen der PSA von KKG untersucht. Es sind mehrere Szenarien berücksichtigt worden, mit unterschiedlichen Grössen und Herkunft von Geschwemmselgut an den Wasserfassungen.

Die Ergebnisse der PSA zeigen, dass die Eintrittshäufigkeit des Verlustes der Nebenkühlwasserfassung aus dem Oberwasserkanal, konservativ ermittelt, bei $1.4 \cdot 10^{-2}/a$ liegt. Für den Verlust von beiden Nebenkühlwasserfassungen aus dem Ober- und Unterwasserkanal wird eine Eintrittshäufigkeit von $2 \cdot 10^{-3}/a$ ermittelt. Dabei wird konservativ und vereinfachend postuliert, dass wenn die Räumung der Nebenkühlwasserfassung am Oberwasserkanal vor deren Verstopfung misslingt, die Räumung der Nebenkühlwasserfassung am Unterwasserkanal aus Zeitgründenebenfalls misslingt.

Die zwar konservativ ermittelten, jedoch relativ hohen Eintrittshäufigkeiten für den Ausfall der Nebenkühlwasserversorgung aus dem Ober- und/oder Unterwasserkanal wegen Verstopfung werden beim Nebenkühlwasserkonzept im Baubewilligungsverfahren bei der Auswahl der Optionen unter Berücksichtigung von diversitären Systemen (Kühlzellen, Grundwasser für Notstandsfälle) mit berücksichtigt.

Der Verlust von Nebenkühlwasserfassungen aus weiteren Ursachen oder Kombinationen von Ursachen ist im Kapitel 3.8.7.1 "Kombination von Erdbeben mit erdbebenbedingten externen Ereignissen" und Kapitel 3.8.7.3 "Kombination von externer Überflutung (Hochwasser/Damm-/Wehrbruch) mit potentiellen externen Folgeereignissen" behandelt.

Im Verlustfall einer oder gegebenenfalls beider Nebenkühlwasserfassungen kommen die redundanten und/oder diversitären sicherheitsrelevanten Nebenkühlwassersysteme zum Einsatz. Zum heutigen Planungsstand sind insgesamt folgende Optionen und Kombinationen daraus möglich:

- Nebenkühlwasserversorgung aus dem Oberwasserkanal (wie bei KKG)
- Nebenkühlwasserversorgung aus dem Unterwasserkanal (wie bei KKG)
- Kühlzellen auf dem Kraftwerksgelände
- Grundwasserbrunnen für Notstandsfälle (wie bei KKG)

3.5.3 Grundwasser

3.5.3.1 Allgemein

Der Standort von KKN befindet sich im Gewässerschutzbereich A_u (Anhang 4, Ziffer 111 GSchV 1998) am linken Rand des Aaretales. Der breite Grundwasserstrom folgt im Niederamt dem Lauf der Aare in West-Ost-Fliessrichtung. Das Fliessgefälle beträgt ca. 2 ‰ (Fröhlicher 1969). Der Grundwasserspiegel wird durch den Pegelstand der Alten Aare kontrolliert. Im Nord-Süd-gerichteten Fliessabschnitt westlich des bestehenden KKG-Geländes wirkt die Aare als Infiltrant und speist den Grundwasserträger. Unterhalb Mülidorf⁵ wirkt die Aare hingegen als Vorfluter. Im Zuge der Neukonzessionierung des Wasserkraftwerkes Gösgen ist die Restwassermenge einstweilen neu verfügt worden. Als Umsetzung wurde ab November 2007 die Dotiermenge saisonal abhängig auf 7 bis 15 m³/s erhöht, im Durchschnitt 10 m³/s (Atel Hydro 2008). Beim Überschreiten der Ausbauwassermenge $Q_{KW\ Gösgen} = 380\text{ m}^3/\text{s}$, was derzeit an ca. 90 Tagen im Jahr eintritt, steigt der Grundwasserspiegel praktisch gleichzeitig mit dem erhöhten Wasserpegel der Alten Aare an. Dies ist ein Zeichen für eine enge hydraulische Beziehung zwischen dem Grundwasser im Standortgebiet und der Aare.

Der Unterwasserkanal des Wasserkraftwerkes Gösgen dient ebenfalls als Vorfluter für das Schottergrundwasser. Der Oberwasserkanal hingegen ist weitgehend dicht; eine geringe Exfiltration des Kanalwassers ins Grundwasser wurde jedoch durch Färbversuche im Jahr 1994 nachgewiesen.

Auf der Talflanke nördlich des Oberwasserkanales fliesst im Hochterrassenschotter ein unabhängiger Grundwasserstrom, der im Pumpwerk Düberten genutzt wird. Der Grundwasserspiegel liegt dort etwa 15 - 20 m über dem Talgrundwasserstrom und ist für die Standortbeurteilung nicht relevant.

Die Grundwasserverhältnisse im interessierenden Abschnitt des Aaretales sind in Abbildung 3.5-29 dargestellt. Die Darstellung der Grundwasserausdehnung und der Isohypsen entspricht der Gewässerschutz- und Grundwasserkarte des Kantones Solothurn, Blatt 4, Stand 2003 (AfU Solothurn 2003). Die Karte gibt Auskunft über die Ausdehnung des Grundwassergebietes bei Höchststand und über die Lage des höchsten Grundwasserspiegels in m. ü. Meer.⁶

⁵ Je nach Quelle und Kartenmaterial auch "Mühledorf" geschrieben, beide Schreibweisen werden nachfolgend der jeweiligen Quelle entsprechend benutzt.

⁶ Mit "Höchststand" wird hier aus der amtlich publizierten Gewässerschutzkarte des Kantons Solothurn, Herausgeber Baudepartement des Kantons Solothurn, 2003, zitiert.

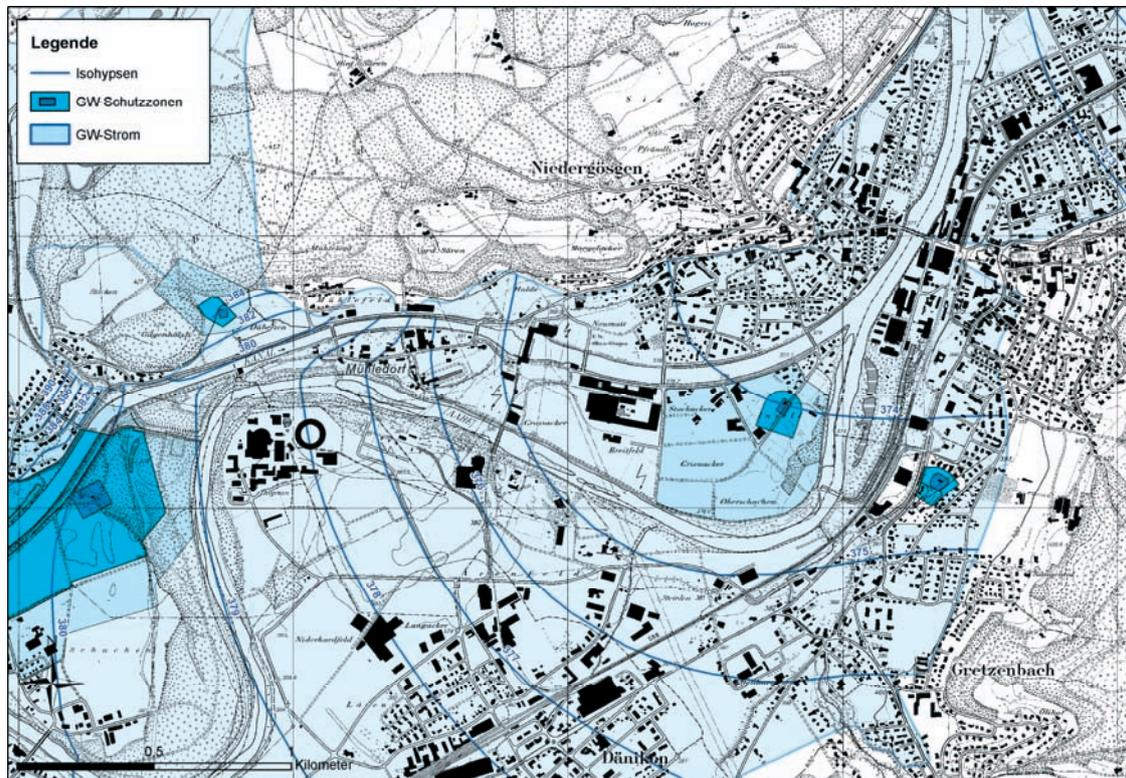


Abbildung 3.5-29 Grundwasserverhältnisse im Standortgebiet mit Angabe der Schutzzonen um öffentliche Fassungen. Darstellung der Grundwasserausdehnung und der Isohypsen bei Höchststand (AfU Solothurn 2003)

3.5.3.2 Grundwasserspiegel

Der Grundwasserspiegel ist eng an den Pegelstand der Alten Aare geknüpft. Im Hauptareal liegt der mittlere Grundwasserspiegel zwischen der Kote 375.5 (KKG Gelände aufstrom) und 374 (Cartasetta abstrom). Die Aare dient im Nord-Süd-gerichteten Fließabschnitt westlich des KKG als Infiltrant und speist den Grundwasserträger. Unterhalb Mühledorf wirkt die Aare hingegen als Vorfluter. Die Uferpartien der Alten Aare sind generell nicht kolmatiert, weshalb der Grundwasserspiegel rasch auf Flusspegelschwankungen reagiert. Bei erhöhter Wasserführung der Alten Aare (d. h. bei $Q > 380 \text{ m}^3/\text{s}$) kann die Wechselwirkung mit dem Grundwasser vorübergehend von Exfiltration auf Infiltration ändern (Inversion der Strömungsrichtung).

Im Rahmen der Überwachung des Grundwassers betreibt der Kanton Solothurn 8 Messstellen; eine davon ist das Pumpwerk (PW) Inseli⁷ unmittelbar im Abstrombereich des Teilareales Nord (Abbildung 3.5-30).

⁷ Je nach Quelle auch Insel geschrieben, beide Schreibweisen werden nachfolgend der jeweiligen Quelle entsprechend benutzt.

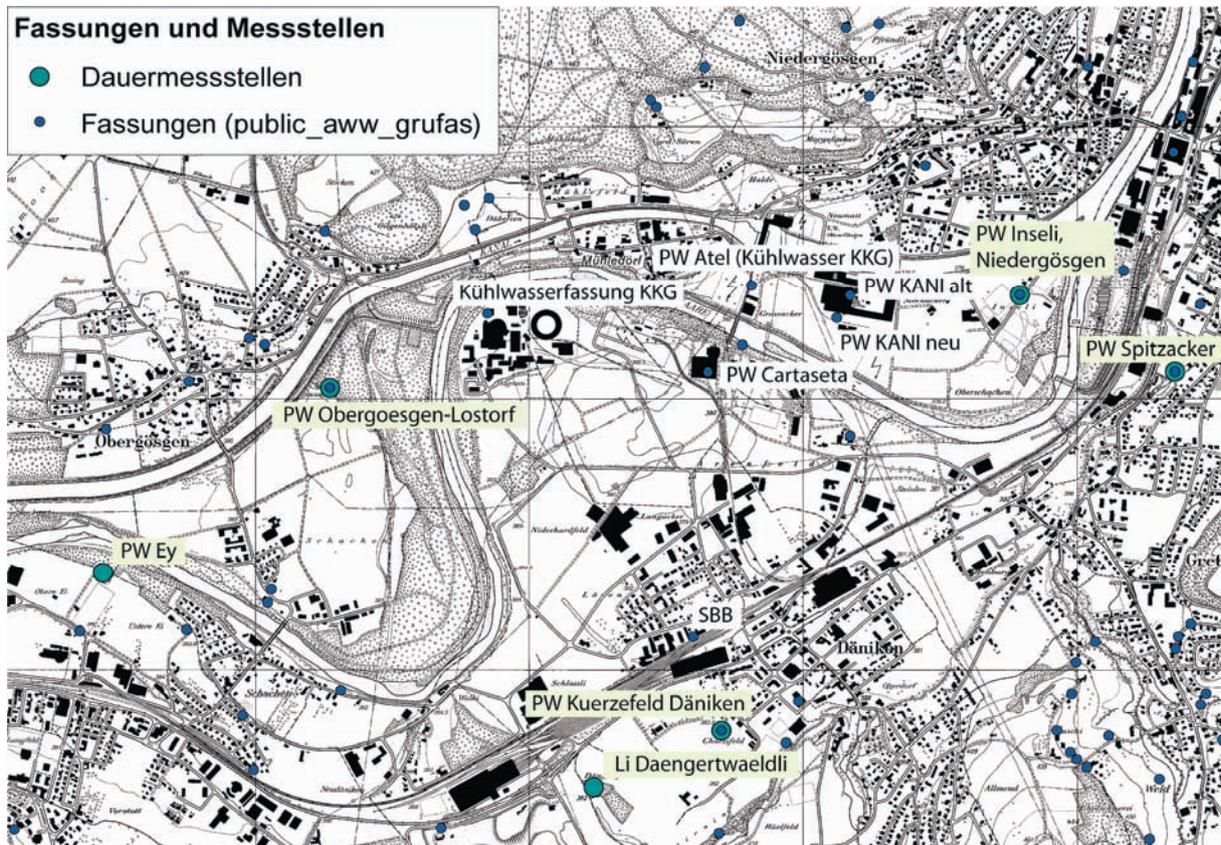


Abbildung 3.5-30 Standorte der Grundwasserpermanentmessstellen (grün) und Wasserfassungen gemäss dem GIS-System des AfU Solothurn (blau) (AfU Solothurn 2007). Einzelne Pumpwerke dienen auch als Messstelle (blau/grün)

An der Messstelle 0VX01L001 im Notstandsgebäude des KKG wird der Grundwasserpegel seit 1979 betriebsintern kontinuierlich erfasst (KKG 2009a). Ab Juni 2006 werden die Daten digital alle 5 Minuten abgespeichert. Der Grundwasserhöchststand dieser Messstelle wurde am 19. November 1985 mit 381.30 m ü. M. registriert. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt bei 375.70 m. ü. M. (Median) und der Minimalstand bei 374.75 m ü. M. Einzelne Pegelmessungen über 380.50 m ü. M. werden vom Betreiber aus Plausibilitätsgründen als Fehlmessung eingestuft. Extreme Hochwasser wurden im Juni 1970, im Februar 1972 und - jeweils im August - in den Jahren 1975, 2005 und 2007 beobachtet.

Im Kraftwerksgelände des KKG stieg der Grundwasserspiegel jeweils auf ca. 379 m ü. M. Generell kann der Grundwasserhöchststand auf dem Kraftwerksareal dem Höchststand des Aarewasserspiegels unmittelbar westlich davon gleichgesetzt werden. Die Reaktion des Grundwassers auf das Hochwasserereignis vom August 2005 zeigt die Abbildung 3.5-31.

Dargestellt sind die Grundwasserspiegeländerungen gegenüber dem langjährigen Mittelwert in den Grundwassermessstellen und das Verhältnis der Aareabflüsse in Murgenthal zum langjährigen Mittelwert. Am deutlichsten fällt die Reaktion in der Messstelle bei KKG aus.

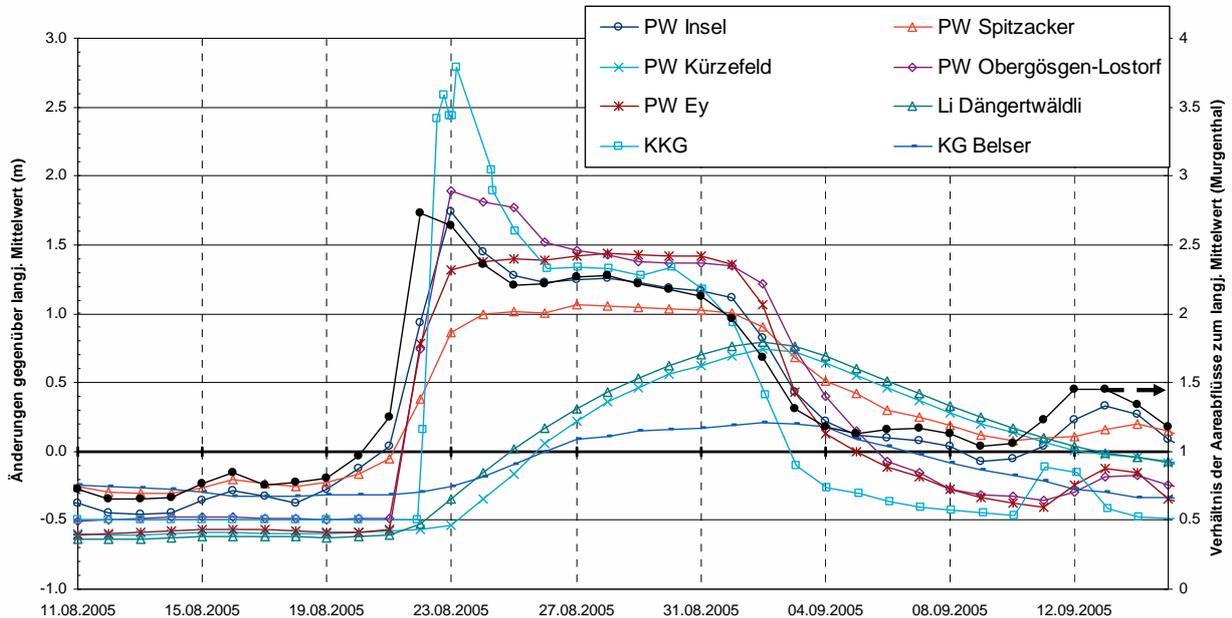


Abbildung 3.5-31 Veränderung der Grundwasserspiegel (farbige Linien) und Verhältnis der Aareabflüsse (schwarze Linie; rechte Achse) beim Hochwasser von August 2005 gegenüber den langjährigen Mittelwerten

Eine langjährige Aufzeichnung der 12-Uhr-Tageswerte zeigt den minimalen Pegelstand im Bereich von KKG zwischen 374.5 und 375.5 m ü. M (Abbildung 3.5-32). In den 1990er Jahren lag er im höheren Bereich und ist seither wieder gesunken. Je nach Wasserstand in der Alten Aare ist mit einem kurzfristigen Anstieg um 3 bis maximal 4 m zu rechnen (Hochwasserspitzen).

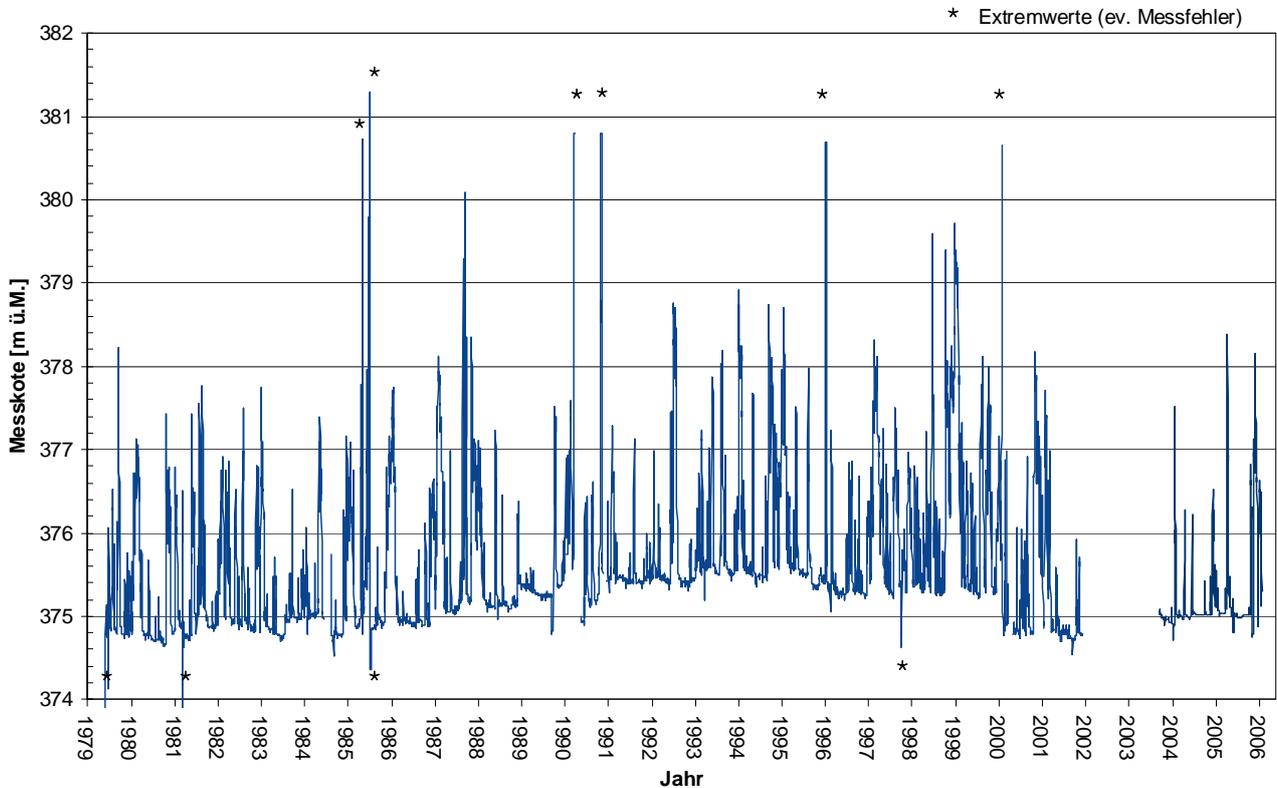


Abbildung 3.5-32 Aufzeichnung der täglichen 12-Uhr-Werte an der Grundwassermessstelle 0VX01L001 des KKG (KKG 2009a)

Auf dem Projektareal KKN wurden in den neuen PRP Bohrungen (Abbildung 3.6-1) kombinierte Druck- und Temperatursonden zur Grundwasserüberwachung eingebaut. Die seit Mai 2009 kontinuierlich erfassten Pegelstände liegen um 374.5 m ü.M. als Mittelwert. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels betragen während der bisherigen Beobachtungsperiode von 3 Monaten etwa 1 m. Der in diesem Zeitraum gemessene Minimalstand betrug 374.1 m ü.M. in KB05, am abstromseitigen Rand des Arealen gelegen.

3.5.3.3 Grundwassermächtigkeit

Die Grundwassermächtigkeit ist von besonderer Bedeutung sowohl im Hinblick auf die Umweltverträglichkeitsprüfung als auch auf eine sichere Grundwassernutzung (z. B. im Fall einer Notstandskühlung mit Grundwasser). Das Projektareal KKN liegt im Gewässerschutzbereich A₀ und in der Nähe von Grundwasserfassungen. Generell gilt, je größer die hydraulisch wirksame Transmissivität (Produkt aus Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters), umso weniger empfindlich reagiert das hydrodynamische System auf Eingriffe und Störungen, sei es durch Einbauten ins Grundwasser oder durch Wasserentnahmen. Der Einfluss der geplanten Bauwerke, die unter den mittleren Grundwasserspiegel reichen, sowie von möglichen Nutzungsszenarien auf das Grundwasser und benachbarte Wasserfassungen wurden mit einem numerischen Grundwassermodell untersucht (siehe Kapitel 3.5.3.8).

Eine aktuelle Darstellung der Grundwassermächtigkeit zeigt Abbildung 3.5-33 (AfU Solothurn 2008a). Diese Karte zeigt eine reduzierte Ausdehnung des Grundwasserleiters im Gebiet Mühledorf im Vergleich zu der Grundwasserkarte in Abbildung 3.5-29.

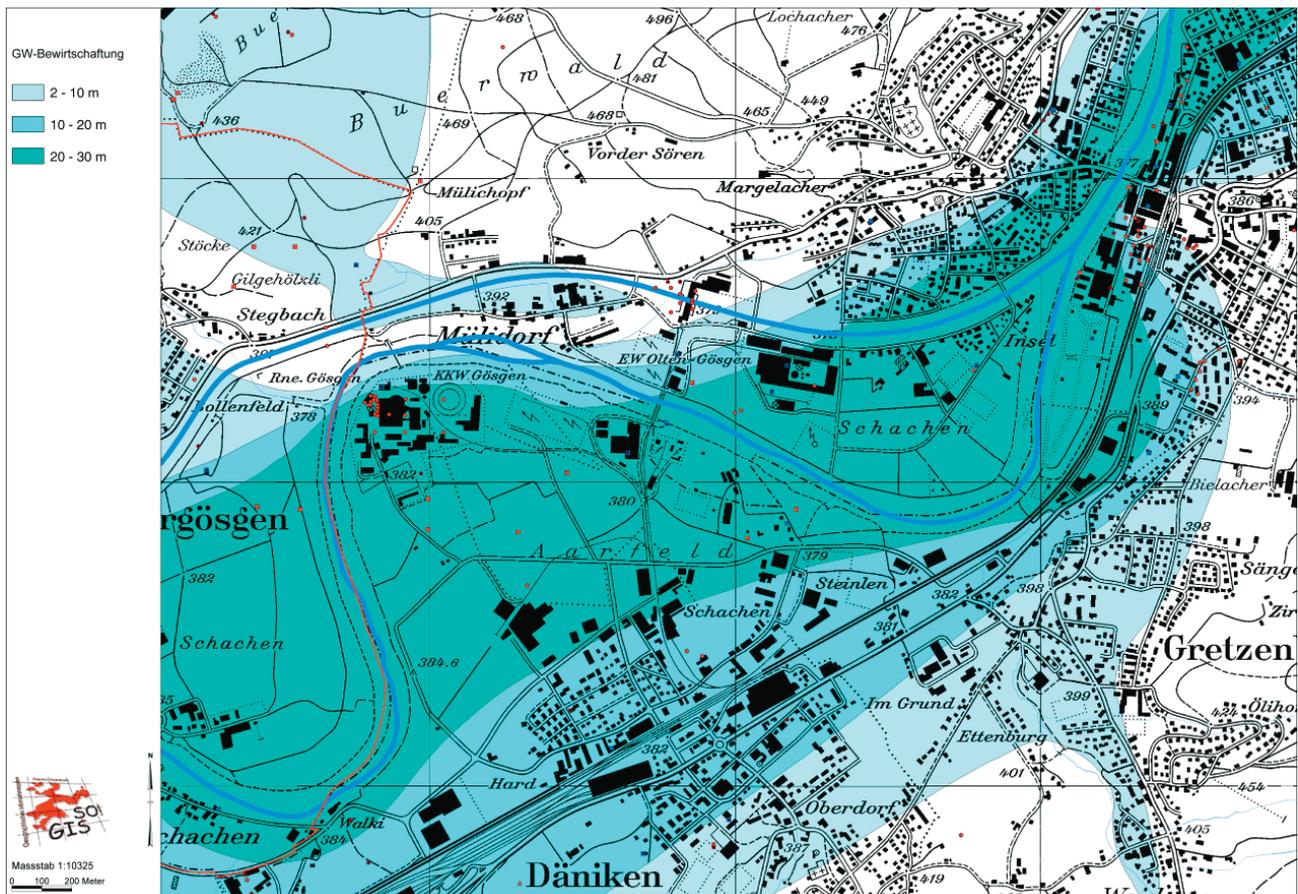


Abbildung 3.5-33 Karte der Grundwassermächtigkeit im Aaretal (Niederamt) bei Mittelwasserstand (AfU Solothurn 2008a)

Die aktuelle Darstellung in Abbildung 3.5-33 entspricht dem Mittelwasserstand. Die Begrenzung der quartären Talfüllung wurde durch zahlreiche Bohrsondierungen im Bereich des WKW Gösgen bestätigt (Sieber Cassina + Partner 1996). Diese Befunde zeigen, dass die Berandung des Grundwasserleiters auf der Insel südlich des Kanalkraftwerkes verläuft und die NW-Ecke des Teilareales Nord tangiert. Ferner erkennbar ist die geringe Grundwassermächtigkeit im nördlichen Randbereich des Teilareales Nord.

Das KKG-Gelände sowie das Hauptareal von KKN liegen am Rand der zentralen Rinne mit Grundwassermächtigkeiten zwischen 20 m und 25 m. Die grössten Werte bis 30 m sind unter dem Teilareal Süd zu erwarten.

3.5.3.4 Grundwasserqualität und -temperatur

Der Kanton Solothurn betreibt seit 1998 ein Überwachungsnetz für Grundwasserqualität. Für das Grundwasserbecken Niederamt ist die Messstation PW Inseli repräsentativ, eine öffentliche Trinkwasserfassung im Schachen ca. 1 km stromabwärts vom Teilareal Nord gelegen. Ab 2005 werden die Messungen 2-mal pro Jahr, im Frühling und Herbst, erfasst.

Um die Trinkwasserqualität zu kontrollieren, werden gemäss der Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998) chemisch-hygienische Parameter überwacht (Sauerstoffsättigung, Kationen, Anionen, Schwermetalle, Pestizide, flüchtige halogenierte Verbindungen FHKW und andere). Ein wichtiger Leitparameter für die Qualität der oberflächennahen Schottergrundwasserleiter ist der Nitratgehalt. Die entsprechende Entwicklung der Messwerte im PW Inseli zeigt im Zeitraum 2004 - 2007 einen stabilen Verlauf auf einem verhältnismässig niedrigen Niveau zwischen 14 und 17 mg/l (AfU Solothurn 2008c). Die numerische Anforderung (d.h. zulässiger Grenzwert) nach GSchV beträgt 25 mg/l NO₃. Alle Monitoring-Parameter zeigen einwandfreie Trinkwasserqualität. Der Sulfatgehalt, bei hohen Werten verantwortlich für chemische Aggressivität des Wassers, liegt bei 26 mg/l (Grenzwert 40 mg/l). Im Übrigen liefert das Monitoringprogramm keine Aussagen hinsichtlich der technischen Qualität des Wassers (Korrosivität, Versinterung). Die langjährige Nutzung als Brauchwasser durch Industriebetriebe spricht allerdings für die technische Eignung des Grundwassers.

Für Grundwassertemperaturen liegen zwei Datenquellen vor. Im Rahmen des Messprogrammes durch den Kanton Solothurn werden an der Messstelle Li (Limnigraph) Dängertwäldli (Abbildung 3.5-30) Temperaturdaten seit Anfang 1995 kontinuierlich erfasst. Die saisonalen Schwankungen zeigt Abbildung 3.5-34. Ein langfristiger Trend ist seit Beginn der Aufzeichnungen nicht erkennbar.

Auf dem Projektareal KKN werden in den PRP Bohrungen KB01-KB05 (Abbildung 3.6-1) seit Mai 2009 Luft- und Grundwassertemperaturen kontinuierlich gemessen. Die ersten Messungen während den Sommermonaten 2009 zeigen mittlere Grundwassertemperaturen im Bereich von 11.4 - 12.2°C. Dieser Messbereich entspricht den langjährigen sommerlichen Spitzen der Messstelle Dängertwäldli in Abbildung 3.5-20.

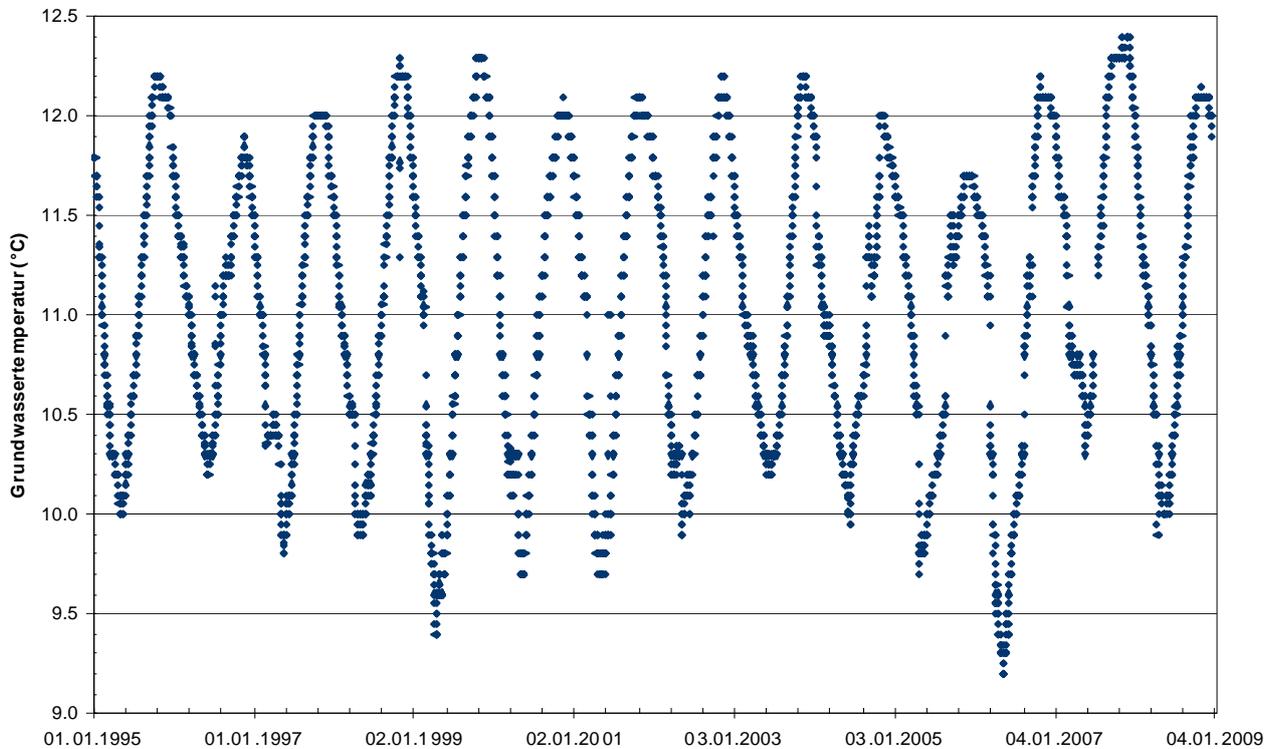


Abbildung 3.5-34 Grundwassertemperatur an der Messstelle Li Dängertwäldli

Vor und nach der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Gösgen (KKG) wurden Grundwassertemperaturmessungen durchgeführt, um die Beeinflussung des Grundwassers durch Wärmeemissionen zu ermitteln. Die damalige Untersuchung zeigte, dass die ins Grundwasser einragenden Gebäude des KKG während des Betriebes keine messbare Betriebswärme an das Grundwasser abgeben.

3.5.3.5 Durchlässigkeit

Die hydraulischen Eigenschaften des Schotteraquifers sind aus früheren Untersuchungen, aus Erfahrungen während der Bauphase des KKG sowie aus jüngsten Untersuchungen auf dem KKG-KKN Gebiet gut bekannt und werden nachstehend zusammengefasst (Baechler et al. 2009).

Der Durchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) des Schotterfeldes südlich der Aare wurde in zahlreichen Versuchen bestimmt. Unter dem KKG-Areal wurde eine Tendenz von abnehmender Durchlässigkeit der Schotter von oben nach unten festgestellt, und zwar um eine halbe bis eine Grössenordnung. Aufwändige Grosspumpversuche im Jahre 1971 in zwei Grossfilterbrunnen auf dem KKG-Areal haben die repräsentativen Werte in Tabelle 3.5-10 geliefert.

Tabelle 3.5-10 Ermittelte k-Werte aus Grosspumpversuchen beim KKG

Schotterbereich	Tiefe m u. T.	Ermittelter k-Wert (m/s)
Obere Teststrecke	5 - 15	$6 - 7 \cdot 10^{-3}$
Untere Teststrecke	15 - 26	$0.5 - 1 \cdot 10^{-3}$
Gesamtstrecke (nach Dupuit)	5 - 26	$5.5 \cdot 10^{-3}$

Als ein grossräumiger Mittelwert für den gesamten gesättigten Bereich des Schotteraquifers, auf dem sich das Hauptareal und das Teilareal Süd befinden, kann somit der k-Wert von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s für die Bemessung von Wasserhaltungsmassnahmen verwendet werden. Die benetzte Mächtigkeit von 25 m unterhalb des Projektareales entspricht einer Transmissivität des Grundwasserleiters von $T = 1.25 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Transmissivität dürfte gegen Süden und gegen Osten (Cartaseta) tendenziell zunehmen, d. h. die Durchflusskapazität einer gegebenen Referenz-Querschnittsfläche wird dort grösser.

In den neueren Sondierbohrungen 2008 - 2009 auf dem KKG- und dem KKN-Areal wurde möglichst die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters durch Pumpversuche getestet. Die Ergebnisse bestätigen den grossräumigen Mittelwert von $k = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s, nicht jedoch dessen Abnahme mit der Tiefe. Die ausgewerteten k-Werte über die jeweils ca. 20 m langen Filterstrecken der Bohrungen KB1-KB5 (Abbildung 3.6-1) liegen zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ und $2 \cdot 10^{-2}$ m/s und gelten für einen Tiefenbereich von 8 - 28 m u. T. (Baechler et al. 2009). Während der Pumpphase mit einer Unterwasserpumpe wurde bei einer Förderrate von ca. 300 l/min eine Absenkung von max. 14 cm erreicht. Gleichzeitig zu den Pumpversuchen wurden auch Flowmeter-Messungen durchgeführt, die Auskunft über die vertikale Verteilung der Zuflusszonen und deren Transmissivität liefern. Es wurde keine Abnahme der Transmissivität mit der Tiefe beobachtet; im Gegenteil, in drei von fünf getesteten Bohrungen wurde eine Zunahme festgestellt (Baechler et al. 2009).

Während des Baues von KKG wurde der grossräumige k-Wert von $5 \cdot 10^{-3}$ m/s durch die damals erforderlichen Wasserhaltungsmassnahmen bestätigt. Während der Grundwasserabsenkung in der Hauptbaugrube konnte eine Reihe weiterer Erfahrungen gesammelt werden:

- Eine Pumpenförderrate von 50'000 l/min bewirkte zwar in der umpundeten Baugrube nur eine Wasserspiegelabsenkung von etwa 4.5 m, beeinträchtigte aber verschiedene Grundwasserentnahmestellen in der Umgebung.
- Eine Absenkung um 3 m (Absenkziel Kote 372 m ü. M.) bei einer Förderrate von 25'000 l/min bis 30'000 l/min konnte dagegen problemlos über ein Jahr (Dezember 1973 bis April 1975) durchgeführt werden.
- Ein Pumpversuch in der benachbarten Fassung Cartaseta ergab bei einer Förderrate von 4'500 l/min (Konzession 2'000 l/min) eine Absenkung von ca. 1 m mit einer Reichweite von 300 m bis 400 m.

Die obigen Erfahrungswerte sind auch für das geplante Bauvorhaben relevant und zwar im Hinblick auf Baumassnahmen und Möglichkeiten der Grundwassernutzung für Notstandsfälle. Repräsentative Angaben zur Durchlässigkeit der Schotter im Teilareal Nord linksufrig der Alten Aare sind aus älteren Pumpversuchen der dort konzessionierten Grundwasserfassungen verfügbar.

Tabelle 3.5-11 k-Werte aus Pumpversuchen im Teilareal Nord [m/s]

	Obere Strecke	Untere Strecke	Absenkung/Entnahme	Bemerkung
KANI (1954)	$8 \cdot 10^{-3}$	$0.6 - 1.3 \cdot 10^{-3}$	0.7m bei 5'000l/min (Radius Absenktrichter: 400 - 500 m)	Mittel $5 \cdot 10^{-3}$ (Fröhlicher 1969)
Atel (1949)			1.9m bei 8'000l/min 0.8m bei 3'000l/min	Im Betriebszustand (Fröhlicher 1969)
WKW Gösgen	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$0.5 - 1.0 \cdot 10^{-3}$		Kleinpumpversuch in Bohrung (Sieber Cassina + Partner 1996)

Die Eigenschaften des Schottergrundwasserleiters im Pumpwerk KANI sind vergleichbar mit jenen am Standort KKG und KKN. Die Angaben aus Bohrungen des WKW Gösgen (Sieber Cassina + Partner 1996) variieren für den Schotter zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ und $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Diese Werte sind deutlich kleiner als diejenigen im Wertebereich von $5 \cdot 10^{-3}$ bis $2 \cdot 10^{-2}$ m/s der Pumpversuche 2008 unter dem Hauptareal KKN (Baechler et al. 2009). Generell ist gegen den Randbereich der Talrinne hin mit einer Abnahme der grossräumigen Durchlässigkeiten zu rechnen, bedingt durch die dort hangseitig eingeschwemmten Feinsedimente.

3.5.3.6 Grundwasserdargebot

Das nutzbare Grundwasserdargebot des Talaquifers wird von der Transmissivität des Grundwasserleiters, Grundwasserneubildung aus Versickerung von Niederschlagswasser und unterirdischen Hangzuflüssen, Zuflüssen von und Abflüssen aus Oberflächengewässern und Grundwasserentnahmen beeinflusst. Um das minimal vorhandene Grundwasserdargebot - zum Beispiel bei Trockenheit - zu ermitteln, werden Ergebnisse der langjährigen Grundwasserbeobachtungen im Niederamt ausgewertet und mit Hilfe statistischer Verfahren Extremwerte für den Standort abgeleitet.

Für die Interpretation des Grundwasserspiegels und meteorologischer Einflüsse auf diesen stehen langjährige Beobachtungen in ausgewählten Grundwassermessstellen und lokalen meteorologischen Stationen zur Verfügung. Für statistische Aussagen (langjährige Mittelwerte, Minima und Maxima) sind beim AfU Solothurn Zeitreihen seit etwa 28 Jahren vorhanden, Tagesmittelwerte in digitaler Form seit ca. 1995.

Langjährige Zeitreihen von Grundwassermessungen (in Papierform) liegen für den Zeitraum 1954 bis 1969, ergänzt bis 1974, vor (Fröhlicher 1969).

Tabelle 3.5-12 gibt für ausgewählte Messstellen des AfU Solothurn im Niederamt, ergänzt durch die oben erwähnte Messstelle auf dem Gelände des KKG, Mittelwerte, Standardabweichungen und Minima wider.

Tabelle 3.5-12 Mittelwerte und Minima des Grundwasserspiegels an ausgewählten Messstellen des AfU sowie an der Messstelle bei KKG im Niederamt

Station	Stationsnummer	Zeitraum	Mittelwert (m ü. M.)	Standardabweichung (im Zeitraum) (m)	Minimum (Tag) (m ü. M.)	Maximal beobachtete Absenkung gegenüber Mittelwert (m)
PW Dellen	635'245'008	1979 - 2007	384.54	0.53 (1995 - 2007)	383.27 (11.04.06)	1.27
KG Belser	642'248'003	1981 - 2006	369.18	0.54 (2004 - 2006)	367.72 (16.02.06)	1.46
PW Insel	641'246'003	1979 - 2007	371.83	0.59 (1995 - 2007)	370.75 (08.03.96)	1.08
PW Gillacker	643'249'001	2007	365.76	0.57 (2007)	365.12 (12.02.07)	0.64
PW Spitzacker	642'246'009	1987 - 2007	372.00	0.55 (1995 - 2007)	371.09 (13.-15.02.06)	0.93
PW Kürzelfeld	640'244'004	1980 - 2007	375.45	0.69 (1995 - 2007)	374.64 (16.03.92)	0.81
PW Obergösgen-Lostorf	639'246'007	1999 - 2007	376.60	0.82 (1999 - 2007)	375.82 (31.01.06)	0.78
PW Ey	638'245'002	1979 - 2007	378.39	0.83 (1999 - 2007)	377.48 (30.12.05)	0.91
Li Dängertwäldli	640'244'001	1985 - 2008	376.34	0.68 (1995 - 2007)	375.48 (30.12.05)	0.86
KKG	0VX01L001 (ZX00)	1979 - 2008	375.70	---	~ 374.75 ⁸	0.95

Der Grundwasserspiegel im Niederamt unterliegt Schwankungen mit Standardabweichungen um etwa 0.5 m bis 1 m. Die Minima weichen vom mittleren Spiegel um etwa 1 bis maximal 1.5 m ab (siehe auch Abbildung 3.5-35).

⁸ Die Zeitreihen von 1979 bis 2008 (Abbildung 3.5-32) weisen mehrere Extremwerte in den Minima und Maxima auf, die sehr wahrscheinlich auf Messfehler zurückzuführen sind. Eine eindeutige und zweifelsfreie Benennung und Datierung von Maxima und Minima ist daher für diese Messstelle nicht möglich.

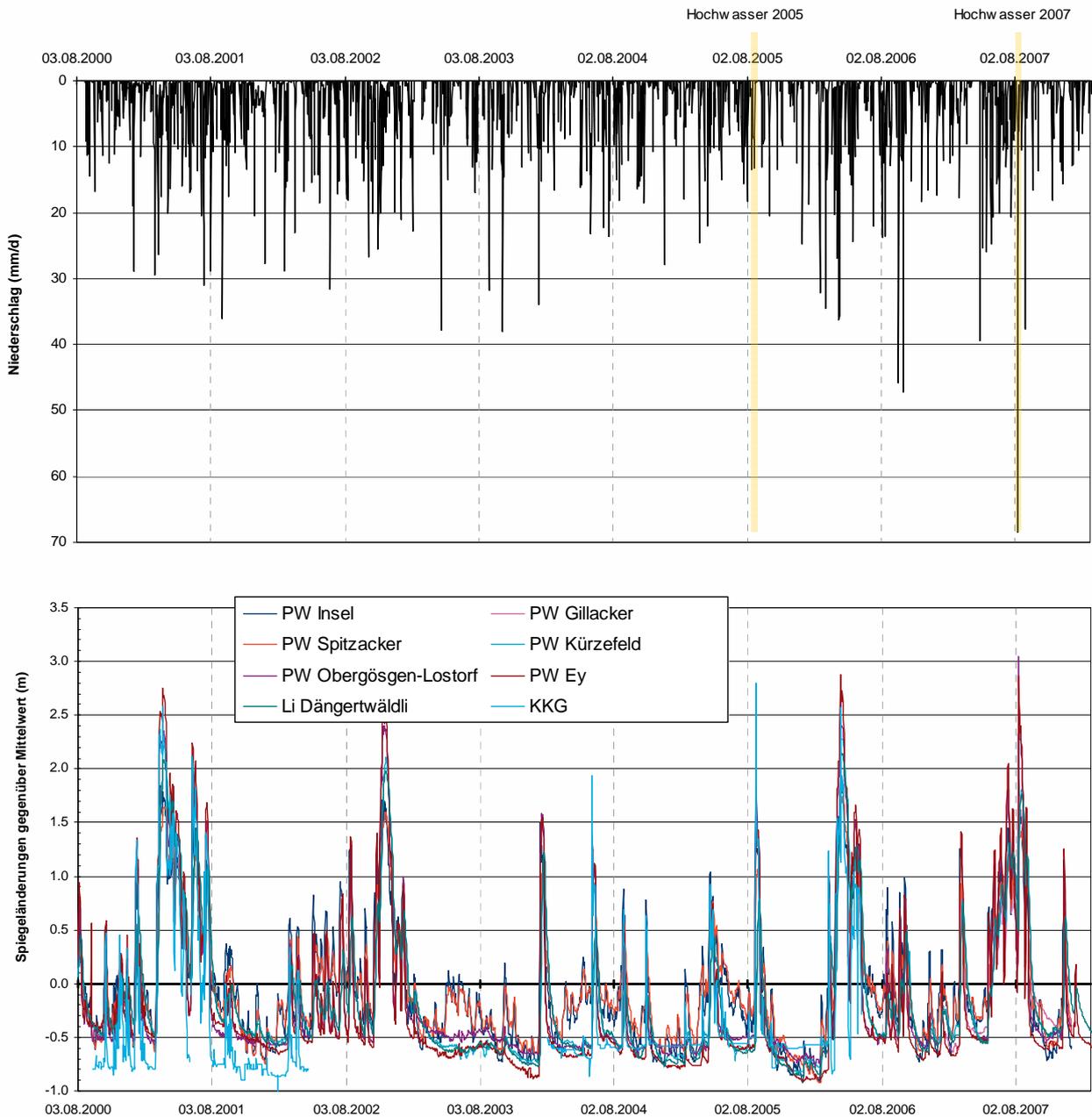


Abbildung 3.5-35 Veränderung des Grundwasserspiegels gegenüber den Mittelwerten (oben Niederschlag)

Minimale Grundwasserspiegel treten an den Messstellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf und sind deshalb sehr wahrscheinlich nicht oder nicht unmittelbar meteorologisch bedingt.

Im extrem trockenen Zeitraum von Juni bis September 2003 fiel mit nur 236 mm Niederschlag etwa 2/3 vom langjährigen Mittel und die potentielle Evapotranspiration betrug mit 382 mm das 1.6fache des langjährigen Mittels. Von den meteorologischen Verhältnissen her war damit die Grundwasserbilanz stark negativ. In diesem Zeitraum nimmt der Grundwasserspiegel an den Messstellen Insel und Spitzacker jedoch lediglich um 60 cm, an den anderen Messstellen fast gar nicht ab (Abbildung 3.5-36).

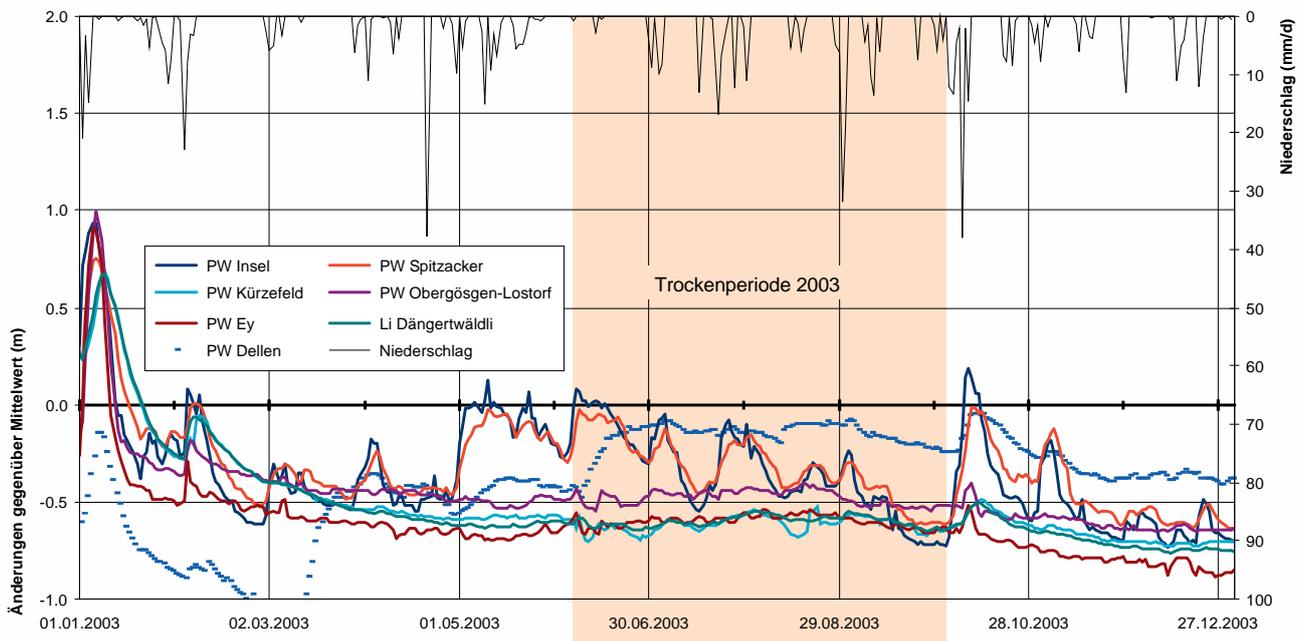


Abbildung 3.5-36 Veränderung der Grundwasserspiegel im trockenen Jahr 2003 gegenüber den Mittelwerten (im Jahr 2003 fielen nur ca. 75 % der langjährig mittleren Niederschläge)

Die Verteilungsfunktionen der Grundwasserspiegel sind asymmetrisch hinsichtlich der Abweichungen vom Mittelwert (Schiefe 1.0 bis 1.4): Es treten deutlich grössere Abweichungen bei den höheren Grundwasserspiegeln auf als bei den niedrigen. Als Beispiel sind in Abbildung 3.5-37 bis Abbildung 3.5-39 die Verteilungsfunktionen für drei ausgewählte Messstellen in der Nähe des Standortes KKN dargestellt.

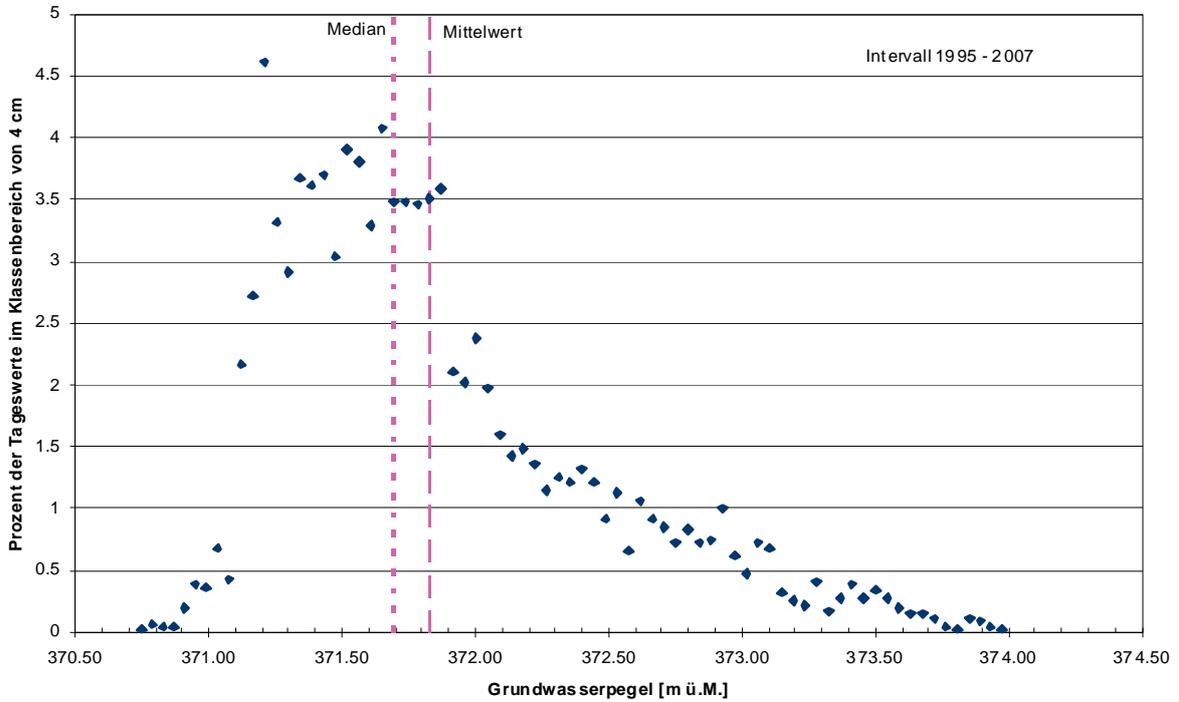


Abbildung 3.5-37 Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am PW Insel

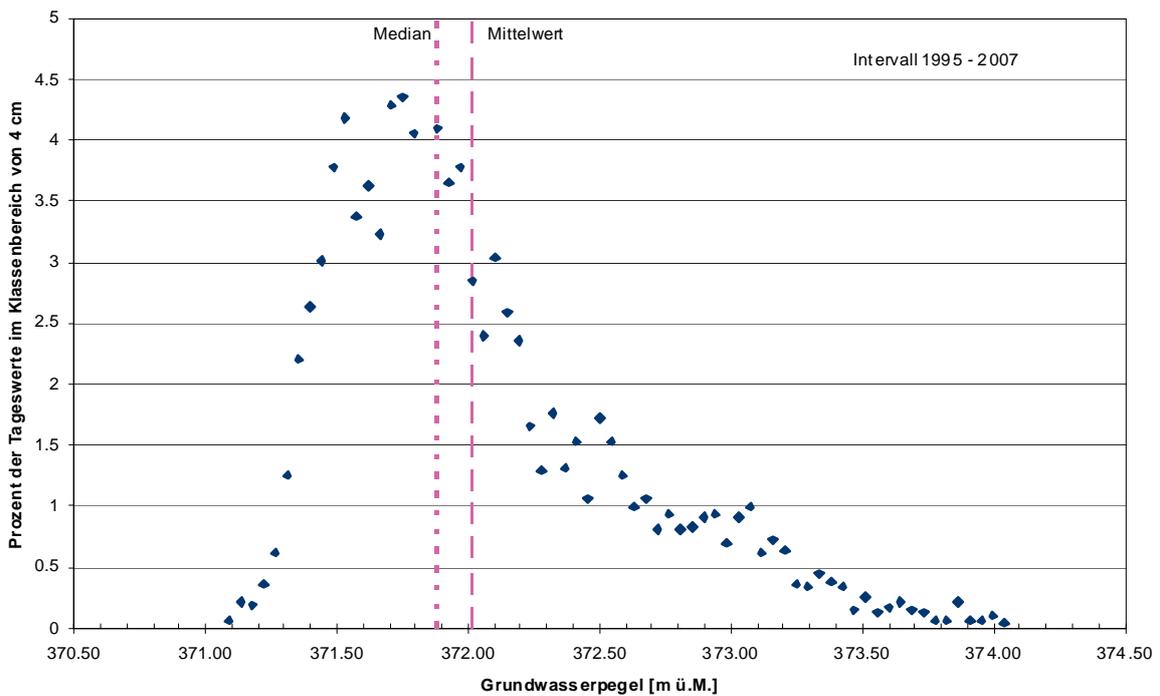


Abbildung 3.5-38 Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am PW Spitzacker

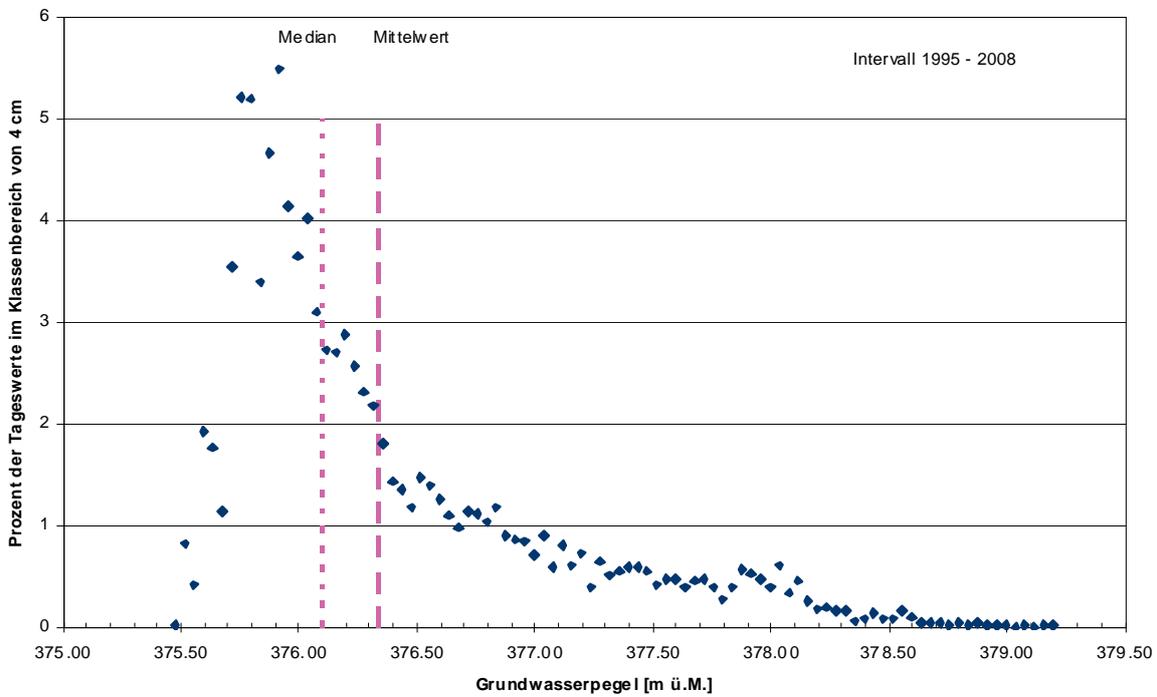


Abbildung 3.5-39 Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am Li Dängertwäldli

Der Grund für den relativ geringen Einfluss der meteorologischen Verhältnisse auf tiefe Grundwasserspiegel liegt in der stabilisierenden Infiltration von Aarewasser.⁹ Durch die konzessionierte Sicherstellung eines minimalen Abflusses durch die alte Aare, verbunden mit einem das Grundwasser kontrollierenden Wasserstand, sind extrem tiefe Grundwasserspiegel weitgehend ausgeschlossen.

Die Grundwasserspiegel (Abbildung 3.5-37 bis Abbildung 3.5-39) können durch Gumbelverteilungen beschrieben werden. Für die Parameterschätzung mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode werden beispielhaft für das PW Insel die digital vorliegenden Minima der Jahre 1995 - 2007 verwendet. Aus grafischen Pegelaufzeichnungen, deren Qualität zur Digitalisierung nicht ausreicht (1954 bis 1974) und aus den statistischen Auswertungen des AfU von 1979 bis 1994 wird abgelesen, dass in diesen Jahren niemals ein Pegel von 370 m unterschritten wurde.

⁹ Fröhlicher schrieb dazu (Fröhlicher 1969): "Irgendwelche forcierte Absenkungen im Grundwasser in Zeiten der Tiefstände lassen sich nicht herauslesen, ein Beweis dafür, dass die Aare-Infiltration im Inselgebiet [...] funktioniert. Auch die mehrjährigen Aufzeichnungen 1954/68 zeigen, soweit dies im kleinen Massstab möglich ist, keine besonderen Absenkungen in Trockenperioden."

Diese Information ist in die Parameterschätzung als unteres Limit für das Minimum dieser Jahre ebenfalls eingeflossen, so dass sich die Auswertung auf insgesamt 50 Kalenderjahre abstützt. Aus der Extremwertverteilung wird für die Eintrittshäufigkeit von 10^{-4} /a ein Grundwasserspiegel von 370.34 m ü. M am Standort des PW Insel bestimmt (Abbildung 3.5-40). Dies bedeutet eine Absenkung um 1.5 m gegenüber dem langjährigen Mittelwert (90 % Konfidenzintervall: 1.2 m bis 1.9 m).

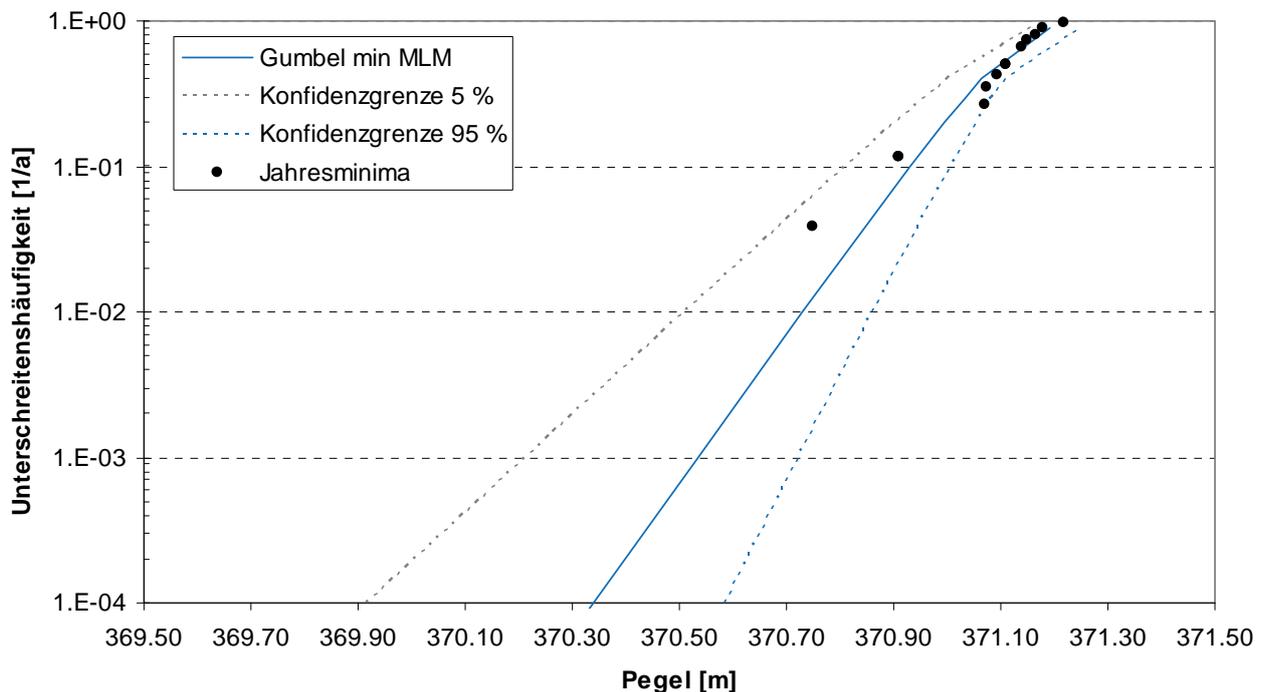


Abbildung 3.5-40 Extremwertverteilung der Jahresminima des Grundwasserspiegels am Standort PW Insel

Bewertung

Selbst mit der unter der Annahme von extremen Verhältnissen ermittelten Grundwasserabsenkung beträgt die grundwassergesättigte Mächtigkeit immer noch mehr als 20 m, was ein umfangreiches Dargebot zur Grundwassernutzung darstellt.

3.5.3.7 Grundwassernutzung

Das Untersuchungsgebiet liegt im Talgrundwasserstrom der Aare, der als Gewässerschutzbereich A_U ausgedehnt ist (BUWAL 2004). Das Aaretal beherbergt ein Grundwasservorkommen von regionaler Bedeutung. Das Grundwasser im Grundwasserbecken Niederamt wird durch 30 Pumpwerke genutzt. Die konzessionierte Pumpenleistung beträgt insgesamt knapp 70'000 l/min, davon werden gegenwärtig 19 % genutzt (AfU Solothurn 2007).

Obwohl das Projektareal im Gewässerschutzbereich liegt, ist es genügend weit von Grundwasserschutzzonen und -arealen entfernt. Öffentliche Grundwasserfassungen werden nicht durch das Projekt KKN beeinträchtigt. Die nächstgelegene Trinkwasserfassung mit rechtsgültiger Schutzzone ist das Pumpwerk PW Inseli im Schachen, ca. 1 km stromabwärts von Teilareal Nord gelegen (Niedergösgen, Stationsnummer 641246003, für 4'500 l/min konzessioniert). Die mittlere jährliche Entnahmemenge (Durchschnitt 2002 - 2006) beträgt 345'000 m³ (AfU Solothurn 2008b).

Andererseits befinden sich im unmittelbaren Abstrombereich des Teilareales Nord und des Hauptareales wichtige private Fassungen für Brauchwasser. Diese sind nicht an das Trinkwassernetz angeschlossen, für die jeweiligen Betreiber jedoch von Bedeutung. Es sind dies folgende Fassungen (Fröhlicher 1969, AfU Solothurn 2007)

- PW KANI 1, 1954, Nr. 641246001, konzessioniert für 6'000 l/min
- PW KANI 2, 1954, Nr. 641246002, konzessioniert für 6'000 l/min, 16 m tief in Schotter. Mittlere aktuelle Nutzung beider Fassungen 1 + 2 im Zeitraum 2002 - 2006: 1'090'000 m³/Jahr
- PW Atel, Nr. 640246004, seit 1949 konzessioniert für 8'000 l/min, seit 1998 für 5'000 l/min, 15 m in Kies, Felsunterlage aus Malmkalk erbohrt auf Kote 364.8. Mittlere aktuelle Nutzung 2002 - 2006: 734'000 m³/Jahr
- PW Cartaseta, 1955, Nr. 640246003, konzessioniert für 2'000 l/min, in Schotter. Mittlere aktuelle Nutzung 2002 - 2006: 280'000 m³/Jahr

Die Nutzung des Grundwassers als Brauchwasser durch die oben aufgelisteten Unternehmen zeigt, dass die chemische Zusammensetzung des Grundwassers den technischen Anforderungen entspricht (siehe Kapitel 3.5.3.4).

Infolge der intensiven Nutzung der GW-Fassungen Atel und KANI entsteht um diese Entnahmestellen beim Betrieb ein quasistationärer Absenktrichter. Um die Fassung KANI 2 wird von einem Absenktrichter mit einem Radius von 400 - 500 m berichtet (Fröhlicher 1969). Das Teilareal Nord liegt direkt im Zustrombereich der Pumpfassungen und wahrscheinlich innerhalb der jeweiligen Absenktrichter. In diesem Gebiet wird der mittlere Grundwasserspiegel ca. 6 m unter der Geländeoberfläche vermutet (Fröhlicher 1969, AfU Solothurn 2003, Baechler et al. 2009). Daher sind hier nur untief gegründete Bauwerke (Einbindung ca. 5 m tief) vorgesehen, die nicht unter den mittleren Grundwasserspiegel reichen und somit die Zustrombereiche zu den erwähnten Fassungen nicht beeinträchtigen.

Hingegen können folgende Situationen zu Störungen des Pumpbetriebes der benachbarten Wasserfassungen (KANI im Teilareal Nord, Cartaseta abstrom vom Hauptareal) führen:

- Bauphase: temporäre Grundwasserabsenkung durch Wasserhaltungsmassnahmen in der Baugrube (vermutlich nicht signifikant im Teilareal Nord)
- Betriebsphase: periodische Pumpenprüfung eines optionalen Grundwasserbrunnens für Notstandsfälle (für "echte" Notstandsfälle ist eine Beeinträchtigung von Brauchwasserfassungen von untergeordneter Bedeutung)

3.5.3.8 Grundwassermodellierung

Basierend auf der Stellungnahme des Amtes für Umwelt Kt. Solothurn zur Voruntersuchung und Pflichtenheft für die Umweltverträglichkeitsprüfung wurden die Auswirkungen des Bauvorhabens auf die Grundwasserströmung und -nutzung durch ein Grundwassermodell der breiteren Standortregion untersucht. Die wichtigsten Aspekte der Modellrechnungen sind im Umweltverträglichkeitsbericht (KKN 2008c, AF-Colenco 2009i) beschrieben und werden nachfolgend zusammengefasst.

Modellkonzept

Das Modellgebiet deckt das Aaretal zwischen Obergösgen und der Talenge bei Schönenwerd ab und beinhaltet den Schottergrundwasserträger der weiteren Standortumgebung. Die Modellbasis wird durch die Felsunterlage gebildet. Die Modellfläche von 6.7 km² wird durch ca. 22'000 Finite Elemente diskretisiert. Das Modell berechnet die 2-dimensionale stationäre Grundwasserströmung¹⁰. Als Stützstellen für die Modellauslegung dienen alle verfügbaren Bohrungen und Aufschlüsse der Region. Die Aare ist durch eine offene Randbedingung mit dem Grundwasser gekoppelt. Die Grobkalibrierung des Modelles richtet sich an die gemessenen Mittelwasserverhältnisse, dabei wird die räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten invers abgeschätzt. Die aktuelle Grundwassernutzung wird durch die Vorgabe der mittleren Wasserentnahmen im Jahre 2006 (AfU Solothurn 2008b) berücksichtigt. Insgesamt werden im Modellgebiet 10 Grundwasserfassungen betrieben. Die volumenmässig wichtigsten Entnahmestellen im Modellgebiet sind die Brauchwasserfassungen KANI 1 + 2 und PW Atel (siehe Kapitel 3.5.3.7).

¹⁰ In einer orientierenden Simulation wird exemplarisch instationär der Einfluss einer Grundwasserentnahme (für Notstandsfälle) auf den Grundwasserspiegel betrachtet. Dazu wird ein hypothetisches Szenario einer gleichzeitigen Grundwasserentnahme in KKG und KKN betrachtet.

Ergebnisse

Neben dem Ist-Zustand (Basisfall) wurden verschiedene Auslegungsszenarien des Bauvorhabens simuliert und deren Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse untersucht. Der Ist-Zustand berücksichtigt die bestehende und hydraulisch relevante Dichtwand unter dem Standortareal KKG. Die Tiefgründung der generischen Reaktoranlage reicht im Modell bis auf die Felsunterlage, dies im Sinne einer konservativen Annahme hinsichtlich der Beeinflussung des Grundwasserflusses.

Für das Bauvorhaben erlaubt das Standortmodell des KKN folgende Folgerungen:

- Die Bauwerke der Reaktoranlage mit ihrer tiefen Gründung sowie die umgebende Dichtwand behindern den Grundwasserdurchfluss auf einer Länge von bis ca. 160 m.
- Die Minderung des berechneten Durchflusses bezogen auf den relevanten Talquerschnitt beträgt weniger als 2 %.
- Das Hindernis wird frei umströmt, wobei Grundwasserspiegeländerungen von max. ± 25 cm erwartet werden, die unmittelbar im Auf- oder Abstrom der Bauwerke auftreten.
- Auf die Kapazität von Wasserfassungen haben diese Änderungen keinen oder einen vernachlässigbaren Einfluss.
- Die rechnerisch grösste Änderung des Wasserspiegels in einer Wasserfassung beträgt - 6 cm im PW Atel.
- Aus der Modellrechnung lässt sich demnach folgern, dass die zu erwartenden quantitativen Einflüsse der Bauwerke auf den Grundwasserstrom oder die Grundwassernutzung - selbst im Falle einer Tiefgründung bis zum anstehenden Fels - vernachlässigbar klein sind.
- Aufgrund der gesamthaft geringen Auswirkung ergibt sich aus den Modellrechnungen keine Vorgabe für die Optimierung der definitiven Lage und Orientierung der Bauwerke. Als gesichert gilt jedoch, dass die geringste Störung des heutigen Zustandes durch ein tiefgründiges Bauwerk "im Stromschatten" des KKG (bzw. dessen Dichtwand) erreicht wird.

Eine exemplarische Anordnung der Reaktoranlage und deren Auswirkungen auf den Ruhewasserspiegel sind in Abbildung 3.5-41 dargestellt.

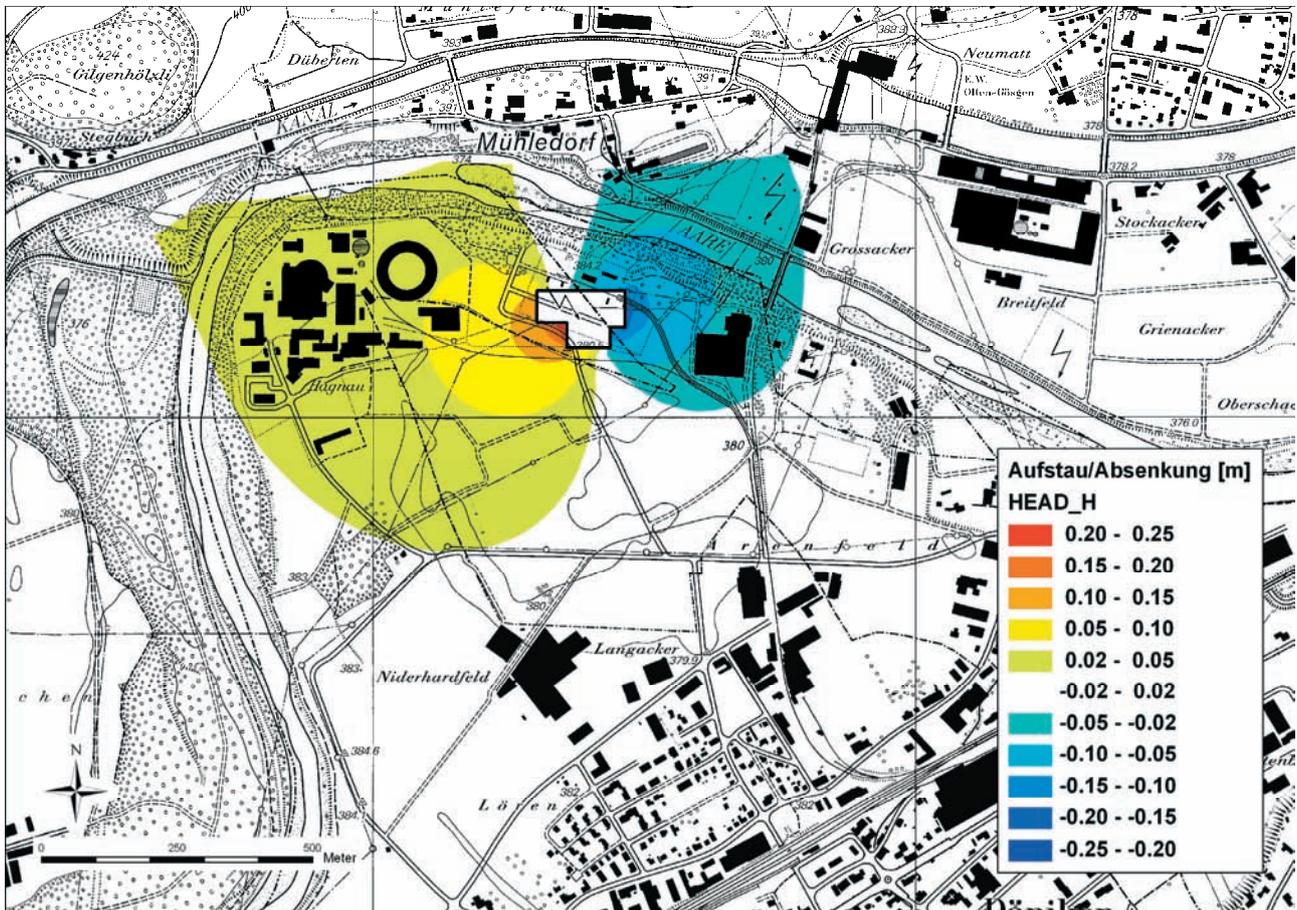


Abbildung 3.5-41 Grundwassermodell, exemplarischer Einfluss der Tiefgründung der Reaktoranlage auf die Grundwasserspiegellage, Aufstau und Absenkung

Das Grundwassermodell wird auch genutzt, um potentielle Auswirkungen einer Grundwasserentnahme für Notstandsfälle zu bewerten: Selbst unter extremen Trockenheitsbedingungen ist das Grundwasserdargebot am Standort ausreichend. Nach etwa einem halben Jahr wären quasi-stationäre Zustände zu erwarten. Weiträumige Auswirkungen können auch in diesem Fall ausgeschlossen werden. Die Spiegeländerungen nach einem Jahr für ein solches hypothetisches Szenario zeigt Abbildung 3.5-42. Eine hypothetische gleichzeitige Grundwasserentnahme bei KKG und KKN ergäbe im Bereich des Notstandsbrunnens KKG eine Grundwasserspiegelabsenkung von etwa 2 m. Eine solche Absenkung liegt im Bereich der natürlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels. Selbst bei einer nicht zu unterstellenden Grundwasserentnahme bei einem bereits tiefen Grundwasserspiegel bliebe das Grundwasserdargebot ausreichend.

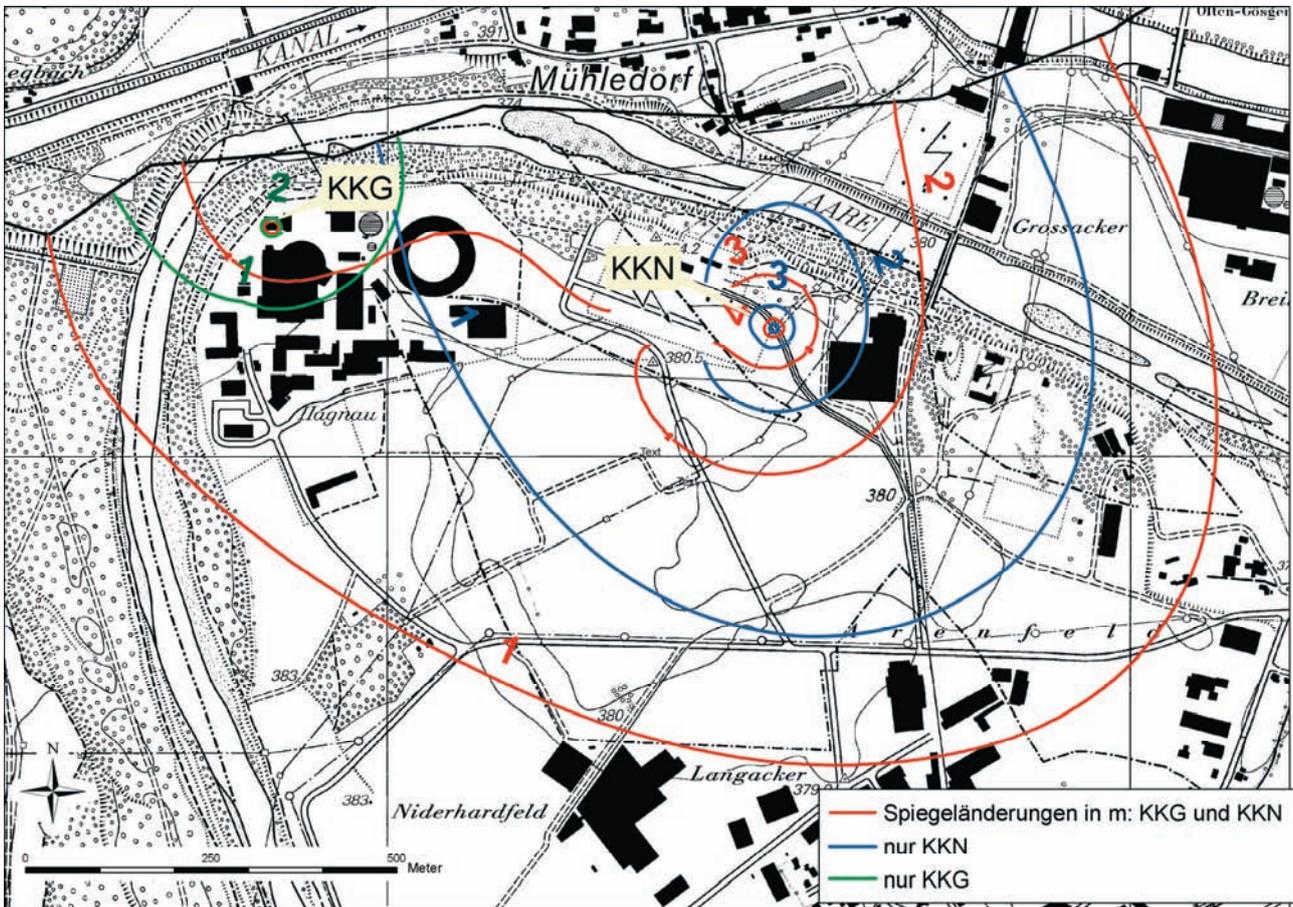


Abbildung 3.5-42 Grundwassermodell, exemplarische Grundwasserspiegeländerungen im Falle einer hypothetischen gleichzeitigen Grundwasserentnahme (rote Isohypsen) mit einer Rate von $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ in KKG und $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ in KKN unter extremen Trockenheitsverhältnissen (blaue und grüne Isohypsen: alleinige Förderung am Standort KKN oder KKG)

Abbildung 3.5-41 und Abbildung 3.5-42 geben keine Anhaltspunkte für die definitive Grösse, Lage und Orientierung der tiefgründigen Bauwerke und den Standort eines Notstandsbrunnens.

Die für KKN angenommene Grundwasserentnahmerate von $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ basiert auf den Auslegungswerten der Notstandssysteme von KKG (Druckwasserreaktoranlage) und KKL (Siedewasserreaktoranlage), unter Berücksichtigung der maximalen Reaktorleistung von KKN. Diese Entnahmerate entspricht dem Wasserbedarf zur Abfuhr der Nachzerfallswärme über Wärmetauscher (ohne Verdampfung) nach 10 Stunden autarken Kühlbetriebes nach Reaktorabschaltung (10-Stundenkriterium: siehe Richtlinie HSK R-101 HSK 1987). Im Kapitel 2.2 "Grundzüge des Projektes" wird konservativerweise von einer Grundwasserentnahmerate von ca. $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgegangen.

3.5.4 Löschwasserversorgung

Gemäss den "International Guidelines for the Fire Protection of Nuclear Power Plants" (Nuclear Pools' Forum 2006) ist die Löschwasserversorgung für den Bedarf des grössten, manuell auszulösenden Stranges und zusätzlich für den grössten Bedarf von allen Sprinkleranlagen für eine minimale Dauer von zwei Stunden auszulegen. Eine minimale Löschwasserreserve von 1'200 m³ ist vorzuhalten. Zwei voneinander unabhängige Frischwasserversorgungen sind vorzusehen.

Die Löschwasserversorgung ist soweit gegen Erdbeben auszulegen, dass Löschwasser an den Standleitungen und Anschlussstellen für die manuelle Brandbekämpfung in Bereichen mit Einrichtungen für die sichere Abschaltung der Anlage verfügbar ist.

Die Löschwasserversorgung für KKN wird voraussichtlich aus der Löschwasserversorgung der drei Standortgemeinden Däniken, Gretzenbach und Niedergösgen erfolgen. Für die Löschwasserversorgung von KKN steht im Reservoir Sören Ost (Niedergösgen) und Sören West (Däniken) eine Löschwasserreserve von 2'400 m³ bereit. Ob die Kapazität dieses Reservoirs für den Bedarf von KKN erhöht wird oder neue Reservoirs gebaut werden, wird im Baubewilligungsverfahren mit den Standortgemeinden abgeklärt.

Weiter wird im Baubewilligungsverfahren abgeklärt, ob die Löschwasserversorgung aus dem Löschwassernetz der Gemeinden erdbebensicher ist oder ausgelegt werden kann oder ob eine zusätzliche Löschwasserversorgung für den Erdbebenfall erforderlich ist. In diesem Fall stehen die drei folgenden Optionen im Vordergrund:

- Löschwasserversorgung aus der Aare (Oberwasserkanal und Alte Aare)
- Löschwasserversorgung aus dem Unterwasserkanal des WKW Gösgen, falls dort eine Nebenkühlwasserfassung realisiert wird (Option)
- Löschwasserversorgung aus einem Grundwasserbrunnen bzw. aus dem Notstandsbrunnen (Option für das Nebenkühlwassersystem)

Weitere Löschwasserversorgungen bestehen grundsätzlich mittels mobiler Feuerweerpumpen, z. B. aus der Alten Aare und aus der Kühlturmtasse (letztere könnte gegebenenfalls erdbebensicher realisiert werden).

Die Löschwasserversorgung und die erforderlichen Löschwasserreserven werden im Brandschutzkonzept berücksichtigt, das mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht wird.

3.5.5 Bewertung der hydrologischen Verhältnisse am Standort KKN

3.5.5.1 Oberflächengewässer

Der Standort der geplanten Anlage liegt im Aaretal beidseits der Alten Aare. Massgebend für die Standortsicherheit ist aus hydrologischer Sicht in erster Linie die Hochwassergefährdung. Hierbei sind insbesondere Extremereignisse von Bedeutung, die auch Wehrbrüche, Verklausungen und Geschiebe mit einbeziehen. Zu diesem Thema wurden die Hochwasserereignisse analysiert und Extremwerte bestimmt. Mittels numerischer Modelle wurden die aus den berechneten Extremhochwassern resultierenden Überflutungen simuliert. Der massgebende 10^{-4} /a-Hochwasserabfluss wurde noch mit Brückenverklausungen sowie mit Damm- und Wehrbrüchen kombiniert. Ferner wurde das "mutmasslich grösste Hochwasser" (PMF) ermittelt und im Modell berücksichtigt. Auf der Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen kann die Hochwassersicherheit am Standort KKN im Baubewilligungsverfahren realisiert werden.

Extreme Niedrigwasserereignisse wurden anhand einer Extremwertanalyse untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Wasserbedarf für das Nebenkühlwassersystem und/oder die Löschwasserversorgung in allen Fällen gewährleistet ist.

Extremwertanalysen sowohl für die höchsten als auch für die niedrigsten Flusswassertemperaturen wurden ebenfalls durchgeführt. Im Baubewilligungsverfahren, bei der Auswahl der Nebenkühlwasseroptionen, wird unter Berücksichtigung von diversitären Systemen abgeklärt, in welchem Umfang Extremwerte der Flusswassertemperatur deterministisch berücksichtigt werden müssen.

3.5.5.2 Grundwasser

Der Standort von KKN befindet sich im Gewässerschutzbereich. Der darin befindliche Grundwasserleiter ist durch eine hohe Transmissivität und Ergiebigkeit gekennzeichnet und wird im Talgebiet vielfältig genutzt. Selbst unter extremen meteorologischen Bedingungen kann der vom Oberflächenwasser beeinflusste Grundwasserspiegel nur geringfügig absinken.

Eine Grundwasserentnahme für Notstandsfälle und/oder Löschwasserversorgung bei KKN ist ohne sicherheitsrelevante Beeinflussung der Notstandsentnahme von KKG möglich. Die gegenseitige Beeinflussung der Grundwasserentnahme für Notstandsfälle bei KKG und KKN wird im Baubewilligungsverfahren detailliert behandelt, wenn alle Kriterien und Randbedingungen feststehen.

Die Auswirkungen des Bauvorhabens und der Bauwerke auf die Grundwasserströmung und die Grundwassernutzung sind insgesamt als sehr gering bis vernachlässigbar einzuschätzen. Diese Aspekte sind im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung detailliert behandelt (KKN 2008c, AF-Colenco 2009i).

3.6 Geologie, Seismik und Baugrund

3.6.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Standortgebietes

Das Standortgebiet umfasst sowohl den Standort Gösgen (Standort KKG) und Niederamt (Standort KKN) als auch deren regionale Umgebung. Erdwissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass sowohl der geologische Aufbau, geotechnische und geophysikalische Kennwerte als auch die statischen und dynamischen Eigenschaften der Standorte KKG und KKN bezüglich der Erdbebengefährdung nahezu identisch sind. Deshalb wird, wenn beide Standorte gemeint sind, der Begriff "Standort" verwendet.

Das vorliegende Kapitel 3.6 behandelt die geologische und seismologische Charakterisierung des Standortgebietes. Zu diesem Zweck wurden regionale und standort-spezifische Erhebungen der geologischen, seismotektonischen, seismischen und geotechnischen Verhältnisse bzw. Eigenschaften erarbeitet. Dabei wurde einerseits der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt, andererseits konnten die Ergebnisse der neusten Feld- und Laboruntersuchungen am Standort verwendet werden, die im Rahmen des PEGASOS Refinement Projects (PRP) im Jahre 2008 - 2009 durchgeführt wurden (Stand Juni 2009). Zusammen mit den früheren Untersuchungen 1971 - 1975 für den Standort KKG ist somit eine umfangreiche Datenbasis für die Charakterisierung der Standorteigenschaften verfügbar.

Abbildung 3.6-1 zeigt das Kernkraftareal KKG und den benachbarten Standort KKN, die Lage der früheren KKG Bohrungen (blau) sowie der jüngsten PRP Untersuchungen (Bohrungen KB0 - KB6 und seismische Linien). Das Projektareal KKN ist in Abbildung 3.6-19 dargestellt.

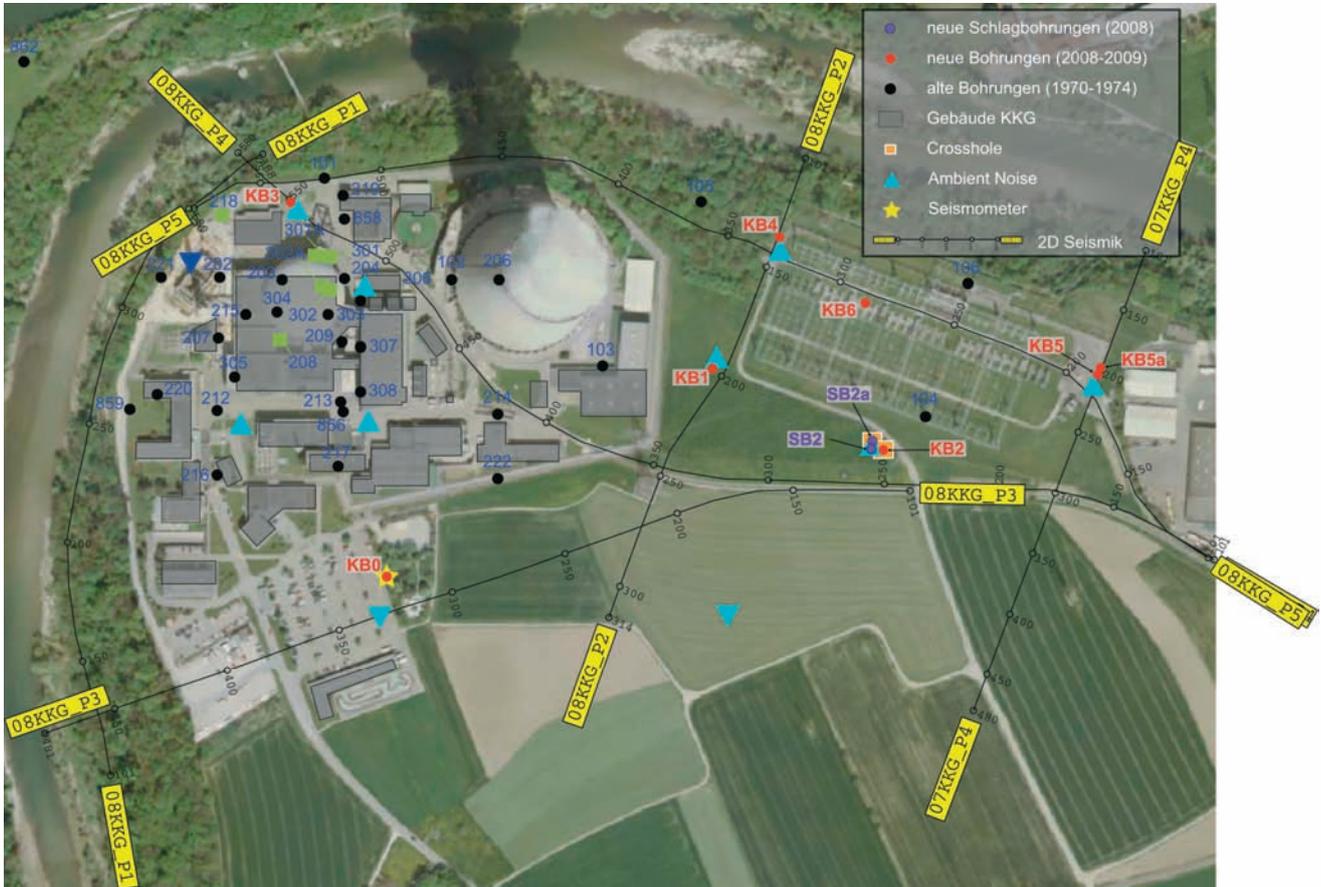


Abbildung 3.6-1 Lageplan des Untersuchungsgebietes KKG/KKN mit Lage der Bohrungen und Feldmessungen

Das Ziel der hier dokumentierten geowissenschaftlichen Abklärungen und Standortuntersuchungen ist eine möglichst umfassende Charakterisierung der geologischen Eigenschaften und der Erdbebengefährdung des Standortes KKN.

Eine ausführliche Dokumentation aller diesem Kapitel zugrunde liegenden Arbeiten ist im Fachbericht (AF-Colenco 2009f) enthalten.

Das zu betrachtende Standortgebiet liegt geologisch gesehen im Grenzbereich zwischen dem Mittelländischen Molassebecken und dem Faltenjura und östlich des durch Gräben und Brüche versetzten Feldes des Dinkelberg-Tafeljura-Faltenjura-Komplexes (Abbildung 3.6-2). Der Standort befindet sich am nördlichen Rand der Aaretal-Synklinale (Abbildung 3.6-3). Diese liegt zwischen der Hauensteinkette im Norden und der Engelberg-Antiklinale im Süden (Abbildung 3.6-4B). Die Talsohle ist mit einer ca. 2 km breiten und 25 - 35 m mächtigen Schotterfüllung bedeckt. Die Felsunterlage wird aus Malmkalken aufgebaut, die gegen Süden durch Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse abgelöst werden. Der nördliche Rand des Aaretals verläuft entlang der Linie Obergösgen - Mülidorf - Niedergösgen, wo die Malmunterlage an der Oberfläche ansteht.

Die mächtige Talfüllung besteht aus spät- bis postglazialen Niederterrassenschottern ("Aarekies"), die im Gefolge der letzten Eiszeit durch die junge Aare abgelagert worden sind.

Die Schotter werden stellenweise durch siltige Deckschichten überlagert, die als jüngste Überschwemmungssedimente entstanden sind und eine Mächtigkeit bis ca. 4 m erreichen. Die Felsunterlage der Schotter besteht aus Malmkalk-Schichten des Faltenjuras, die mit 5 - 15° gegen Südosten einfallen. Die südliche Berandung der Synklinale wird im Gebiet Dulliken - Schönenwerd durch Schichten des Eozäns und der Unteren Süsswassermolasse aufgebaut.

Der geodynamische Rahmen des Standortes kann folgendermassen charakterisiert werden: Nach dem heutigen Kenntnisstand wird angenommen, dass die tektonische Entwicklung der zentralen Nordschweiz und des Faltenjuras weiterhin vom Fernschub bestimmt wird. Ab dem späten Miozän, vor ca. 13 Mio. Jahren, wurde dabei das Deckgebirge durch einen Schub aus den Alpen vom Grundgebirge vollständig abgeschert. Als duktiler Gleithorizont dienten dabei die evaporitischen Serien des Muschelkalks und des Keupers. Der Gleithorizont wurde an den Sockelsprüngen des südlichen Permokarbon-Trogrands oder an kristallinen Horststrukturen (Abbildung 3.6-4B) versetzt, und es kam zur Aufschubung des Faltenjuras. Das Grundgebirge wird dabei auch beansprucht, und zwar, wie man aus den Herdflächenlösungen (Abbildung 3.6-5) ableiten kann, durch rheinisch und herzynisch streichende Blattverschiebungen, sowie durch E bis NE bzw. W bis SW vergente Abschiebungen. Aufgrund der seismischen Beobachtungen und geodätischen Daten aus den Nivellement- und GPS-Messungen (Abbildung 3.6-7 und Abbildung 3.6-8) wird das Niederamt als geologisch ruhiges Gebiet, vergleichbar mit dem zentralen Bereich des Mittelländischen Molassebeckens, betrachtet.

Zur Abklärung der Erschütterungsgefährdung am Standort durch Erdbeben an oberflächennahen Strukturen sowie zur Identifikation allfälliger Störungszonen, die seismisch induzierte differenzielle Bewegungen des Untergrundes unter der geplanten Anlage (surface faulting) verursachen könnten, wurde ein Störungskatalog der Oberflächenstrukturen und des Sockels im Umkreis von 25 km um den Standort erstellt (AF-Colenco 2009f).

Dabei wurden alle kartierten oder mit Hilfe der Reflexionsseismik identifizierbaren Störungen erfasst und nach seismotektonischer Bedeutung gewichtet. Zu gleichem Zweck wurde ferner ein standortspezifischer Erdbebenkatalog mit Ereignissen der Magnitude $M > 2.5$ und $M < 2.5$ erstellt, basierend auf der Datengrundlage des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED). Als massgebend für die Bestimmung der Erdbebengefährdung am Standort werden die Daten des PEGASOS- und PRP-Projektes verwendet, die nach den neuesten Methoden erarbeitet werden.

Die umfangreichen Standortuntersuchungen durch Bohrungen und Seismik geben keine Hinweise auf grössere Störzonen im Felsuntergrund des Standortgebietes.

Basierend auf den Abklärungen zur seismischen und seismotektonischen Gefährdung am Standort KKN wird gefolgert, dass keine der beschriebenen Oberflächen- oder Sockelstrukturen ein Erdbeben auslösen kann, das eine sichere Auslegung des geplanten Kernkraftwerkes in Frage stellen könnte.

3.6.2 Regionale geologische Betrachtungen und seismotektonisches Modell

3.6.2.1 Einleitung

Das Aaretal im Niederamt ist durch eine wenige Kilometer breite Synklinale zwischen dem Südrand des Faltenjuras und der Engelberg - Antiklinale charakterisiert (vgl. Abbildung 3.6-2 und Abbildung 3.6-4B).

Entlang der Linie Mülidorf - Niedergösgen taucht die Felsunterlage, die zum Südschenkel der Hauensteinkette gehört, unter die Schotterfüllung des Aaretals. Die Felsschichten fallen generell mit etwa 5 - 15° gegen Südosten ein. Es handelt sich dabei um geklüftete und verkarstete Kalksteine des Mittleren Malms (Villigen-Formation; Crenularis-Member und Geissberg-Member). Gegen Südosten werden diese in der Talsohle stellenweise durch eozäne Sedimente der Bohnerz-Formation und durch die Untere Süsswassermolasse überlagert.

Die Aaretal-Synklinale, die in der Literatur auch als Gäu-Synklinale (Diebold et al. 1991) oder Niederämter-Synklinale (Bitterli 1979) bezeichnet wird, gehört zur Subjurassischen Zone (Abbildung 3.6-4B) und wurde während der Entwicklung des Faltenjuras tektonisch beansprucht.

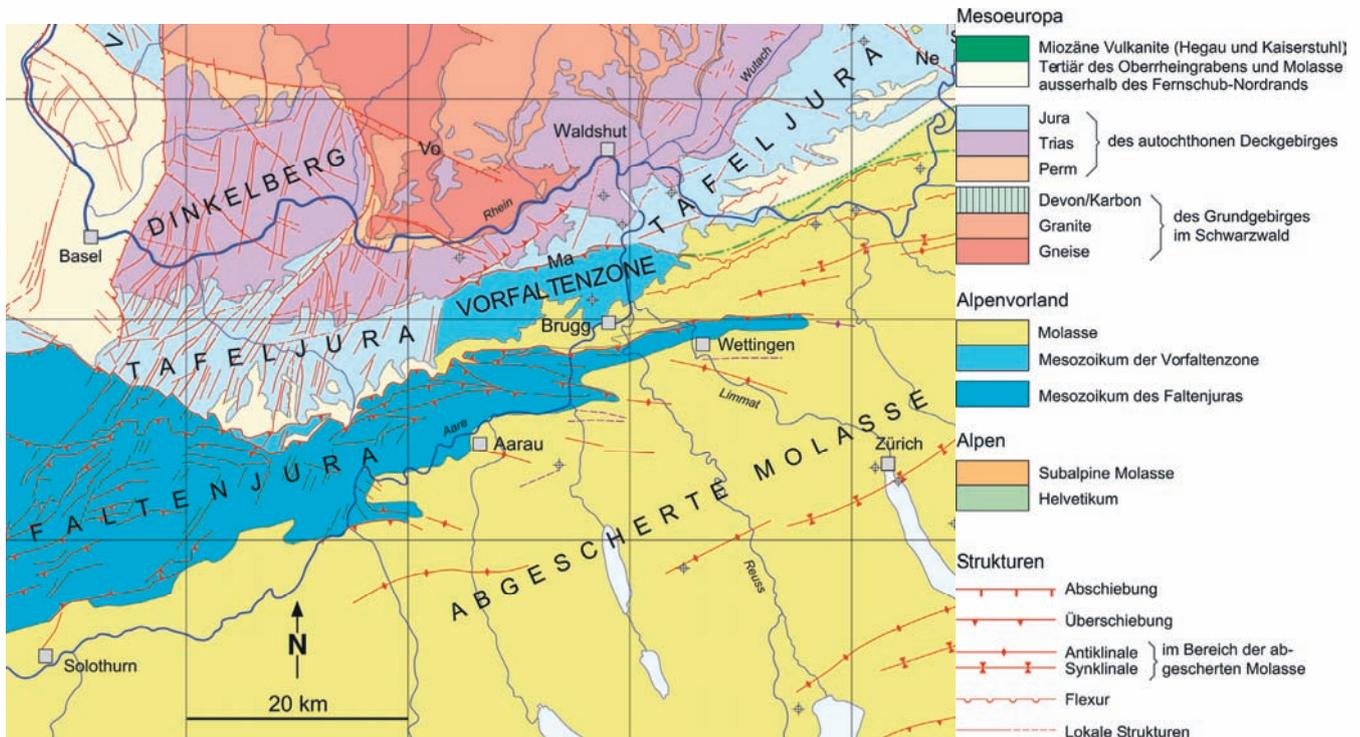


Abbildung 3.6-2 Tektonische Karte der zentralen und westlichen Nordschweiz mit dem angrenzenden süddeutschen Raum

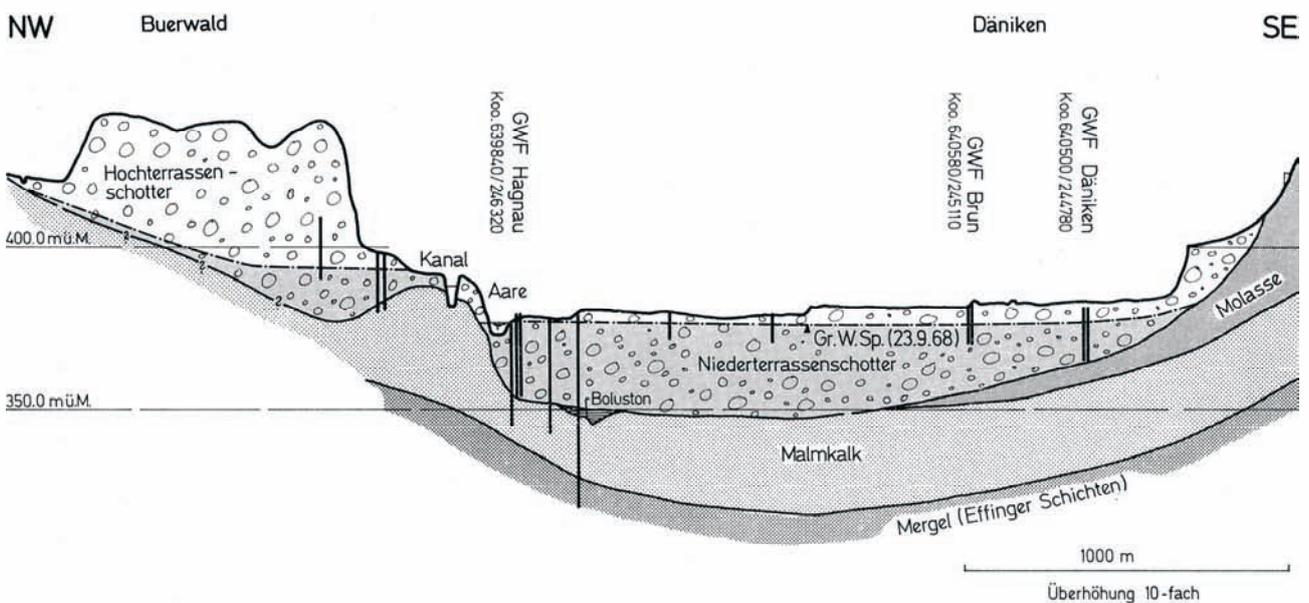


Abbildung 3.6-3 Geologisches/hydrogeologisches Querprofil durch das Aaretal bei Däniken aus (Jäckli & Kempf 1972))

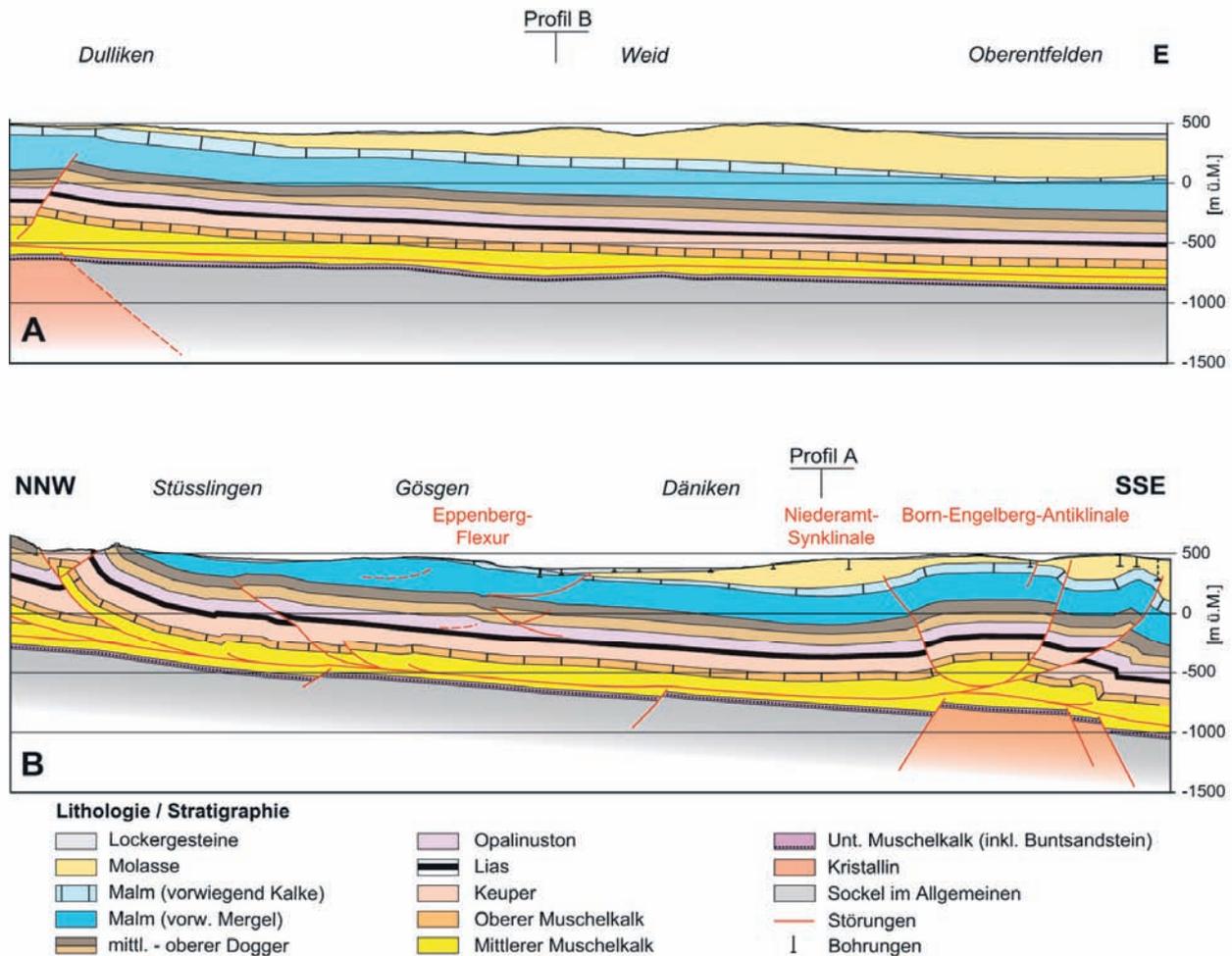


Abbildung 3.6-4 Geologische Interpretation der reflexionsseismischen Streichlinie 83-NS-22 zwischen Dulliken und Oberentfelden (A) und der Falllinie 83-NF-06 zwischen Stüsslingen und der Born-Engelberg-Antiklinale (B) (Nagra 2008, Beilagen 5.2-7 und 5.2-11)

3.6.2.2 Juratektonik: Thin-Skin vs. Thick-Skin

Der Faltenjura entstand nach der klassischen Ansicht durch den Fernschub der Alpen (Thin-skinned Tektonik, siehe z. B. Buxtorf 1916, Laubscher 1961, Müller et al. 1984, Laubscher 1985, Laubscher 2008). Ab dem späten Miozän, vor ca. 13 Mio. Jahren, wurde dabei das Deckgebirge durch einen Schub aus den Alpen vom Grundgebirge vollständig abgeschert. Als duktiler Gleithorizont dienten dabei die evaporitischen Serien des Muschelkalks und des Keupers. Der Gleithorizont wurde an den steilen nordvergenten Sockelsprüngen des südlichen Permokarbon-Trogrands oder an kristallinen Horststrukturen (Abbildung 3.6-4B) versetzt, und es kam zur Aufschubung des Faltenjuras.

Nach der Auffassung anderer Wissenschaftler (z. B. Pavoni 1961, Ziegler 1990, Pfiffner & Heitzmann 1997) wurde das Grundgebirge zusammen mit dem Deckgebirge verkürzt (sog. Thick-skinned Tektonik). Verschiedene Autoren (z. B. Ziegler 1990, Pfiffner & Heitzmann 1997) sehen eine Aufschiebung des Grundgebirges im Bereich des Permokarbons.

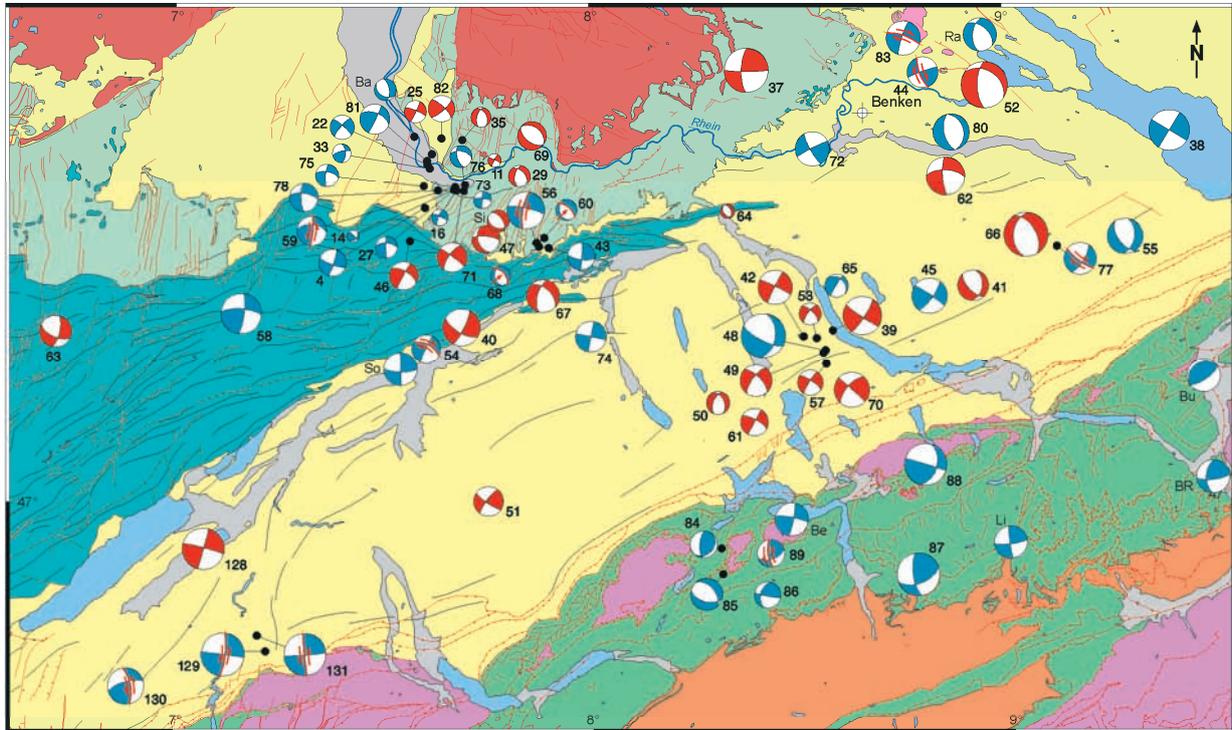
(Ustaszewski & Schmid 2007) vertreten die Ansicht, dass während der Hauptphase der Jurafaltung die Thin-skinned Tektonik den dominanten Prozess darstellte. Der Fernschub wird im späten Pliozän durch Blocktektonik (Thick-skinned Tektonik) abgelöst, die nach Auffassung der Autoren auch heute noch anhält. Diese Umstellung könnte generell mit einer beginnenden Inversion permokarboner Tröge im Alpenvorland verbunden sein.

Viele geologische Studien (siehe z. B. Buxtorf 1916, Jordan 1992, Laubscher 2008) und felsmechanische Untersuchungen (Müller & Briegel 1980) sowie die umfangreichen erdwissenschaftlichen Untersuchungen der Nagra in der zentralen Nordschweiz (Bohrungen, Reflexionsseismik) zeigen deutlich, dass Fernschub der dominante Mechanismus bei der Entstehung des Faltenjuras ist (Laubscher 1985, Müller et al. 2002, Nagra 2008). Auch (Ustaszewski & Schmid 2007), die einen Wechsel des tektonischen Regimes von thin-skin zu thick-skin postulieren, vertraten die Ansicht, dass während der Hauptphase der Jurafaltung "thin-skin" der dominante Mechanismus war. Das Grundgebirge wird dabei auch beansprucht und zwar, wie man aus den Herdflächenlösungen ableiten kann (Abbildung 3.6-5), durch rheinisch und herzynisch streichende Blattverschiebungen, sowie durch E bis NE bzw. W bis SW vergente Abschiebungen. Die Herdflächenlösungen zeigen aber im Mittelland und im Falten- und Tafeljura keine Hinweise auf Überschiebungen oder Aufschiebungen. Aus diesem Grund vertritt der Projektant die Auffassung, dass auch gegenwärtig der klassische Fernschub anhält (thin-skin). Die Überschiebung in den duktilen, triadischen Evaporiten erzeugt keine Erdbeben. Inwieweit die Prozesse im Grundgebirge die Deformationen im Deckgebirge bestimmen, ist weitgehend unbestimmt. Eine ausführlichere Fachdiskussion über Thin-Skin vs. Thick-Skin findet sich im (AF-Colenco 2009f).

3.6.2.3 Geodynamisches Modell

Zum Verständnis von Geologie und Tektonik des Juras muss die Entwicklung der anderen gross-tektonischen Einheiten Alpen, Molassebecken, Oberrheingraben und Südschwarzwald in die Betrachtung einbezogen werden.

Die mesozoische Abfolge wird im Dach von einer Erosionsfläche begrenzt. Darüber liegen stellenweise frühtertiäre Ablagerungen des Eozäns, d.h. ein Zeitraum von rund 100 Millionen Jahren ist nicht mit Gesteinsschichten belegt. Es wird angenommen, dass die Schichtabfolgen des späten Malms und der frühen Kreide von rund 500 m Mächtigkeit abgelagert und später erodiert worden sind.



Geologische Grundlage vom Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern

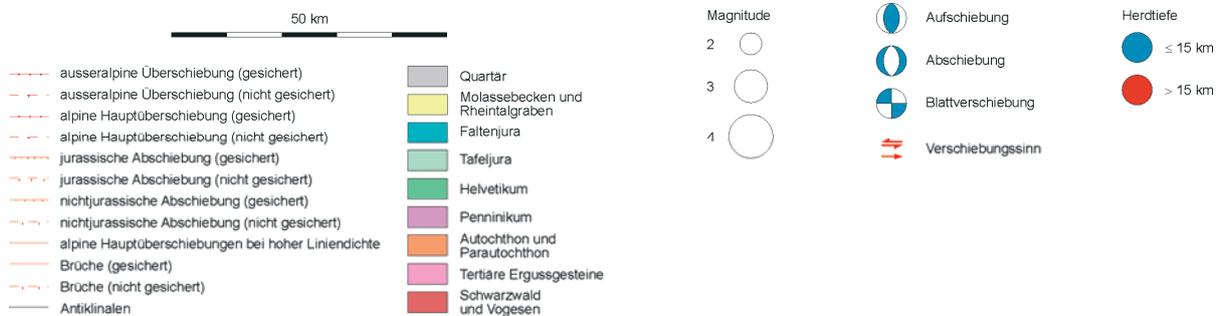


Abbildung 3.6-5 Herdmechanismen in der Nord- und Zentralschweiz (Deichmann et al. 2000) auf geologischer Übersichtskarte (Müller et al. 2002)

Diese grossflächige Abtragung geht auf eine jungkretazische bis alltertiäre Hebungs- und Erosionsphase zurück. Überreste der Malm-Kreide-Sedimente sind die verbreiteten Bolustone mit Bohnerz, die als ton- und eisenreiche Verwitterungsresiduen über den Malmkalken und in Karsttaschen und -spalten entstanden. Diese alltertiäre Hebungsphase in der Nordschweiz wird als direkte Folge der alpinen Kollision während des Eozäns - Oligozäns interpretiert.

Vom Späteozän bis Ende des Oligozäns erfolgte die Einsenkung des Oberrheingrabens, einer Riftstruktur im remobilisierten Vorland des alpinen Orogens. Damit verbunden war eine Hebung der Grabenrandzonen im Westen (Vogesen) und im Osten (Schwarzwald). Im Rahmen der Entstehung des Oberrheingrabens ist der westliche Tafel- und Faltenjura in ein Feld von grob N-S streichenden Gräben und Horsten unterschiedlichen Tiefgangs zerlegt worden. Nach (Laubscher 2008) lassen sich diese alltertiären Strukturen des Dinkelberg-Tafeljurakomplexes auch durch den ganzen Faltenjura verfolgen.

Die epialpine Subduktion und die damit verbundene Krustenverdickung im Bereich der Zentralmassive bewirkte ein aktives Abbiegen der Vorlandkruste. Die entstehende Vorlandtiefe wurde mit dem Abtragungsmaterial des aufsteigenden Gebirgskörpers laufend aufgefüllt (Flysch, Molasse, Oligozän - Miozän).

Der zunehmende alpine Zusammenschub bewirkte an mechanisch dafür geeigneten Horizonten auch eine zunehmende Abscherung von Krustensegmenten im Bereich des Alpenvorlandes ("thin-skinned decollement"). Vom frühen Miozän an bildeten sich die Schubpakete der Subalpinen Molasse, die an tonreichen Lagen der Unteren Meeresmolasse (UMM) und der Unteren Süßwassermolasse (USM) von ihrer Unterlage abgeschert und übereinander gestapelt wurden.

Ab dem späten Miozän erfasste diese Abscherung auch die tiefer liegenden Schichten des Mesozoikums, d.h. Teile des mesozoischen Deckgebirges im zentralen und westlichen Mittelland, wobei die evaporitischen Serien des Mittleren Muschelkalks und des Keupers als Abscher- und Gleithorizonte dienten. An der Front dieses Fernschubs kam es zur Aufschiebung und Auffaltung des Faltenjuras (vgl. auch Abbildung 3.6-4B).

Auch Teile des Tafeljuras, die Vorfaltenzone (Abbildung 3.6-2), wurden vom Fernschub beeinflusst.

Das Vorrücken der Alpenfront wirkte sich in Form eines weit ausgreifenden Spannungsfeldes auf das mesoeuropäische Vorland aus, dessen neogene bis rezente Richtung der grössten Hauptspannungskomponente seit Beginn des Jungtertiärs ungefähr senkrecht zur Alpenfront verläuft, d.h. im Westen ca. NW-SE und im Osten ca. N-S (Abbildung 3.6-6). Dadurch werden rheinisch oder herzynisch streichende Blattverschiebungen oder E bis NE bzw. W bis SW-vergente Abschiebungen begünstigt. Dies zeigen die Herdflächenlösungen der Erdbeben in der Nord- und Zentralschweiz (Abbildung 3.6-5). Begünstigt werden aber auch NW bis N gerichtete Überschiebungen bzw. Aufschiebungen. Wichtig ist aber das Faktum, dass die Herdmechanismen keine Über- bzw. Aufschiebungen aufzeigen. Dies spricht deutlich gegen Über- bzw. Aufschiebungen im spröden Sockel, nicht aber gegen eine stetig anhaltende Juraaufschiebung. Letztere läuft ja in den duktilen, plastischen evaporitischen Serien des Mittleren Muschelkalks oder des Keupers ohne Erdbeben ab.

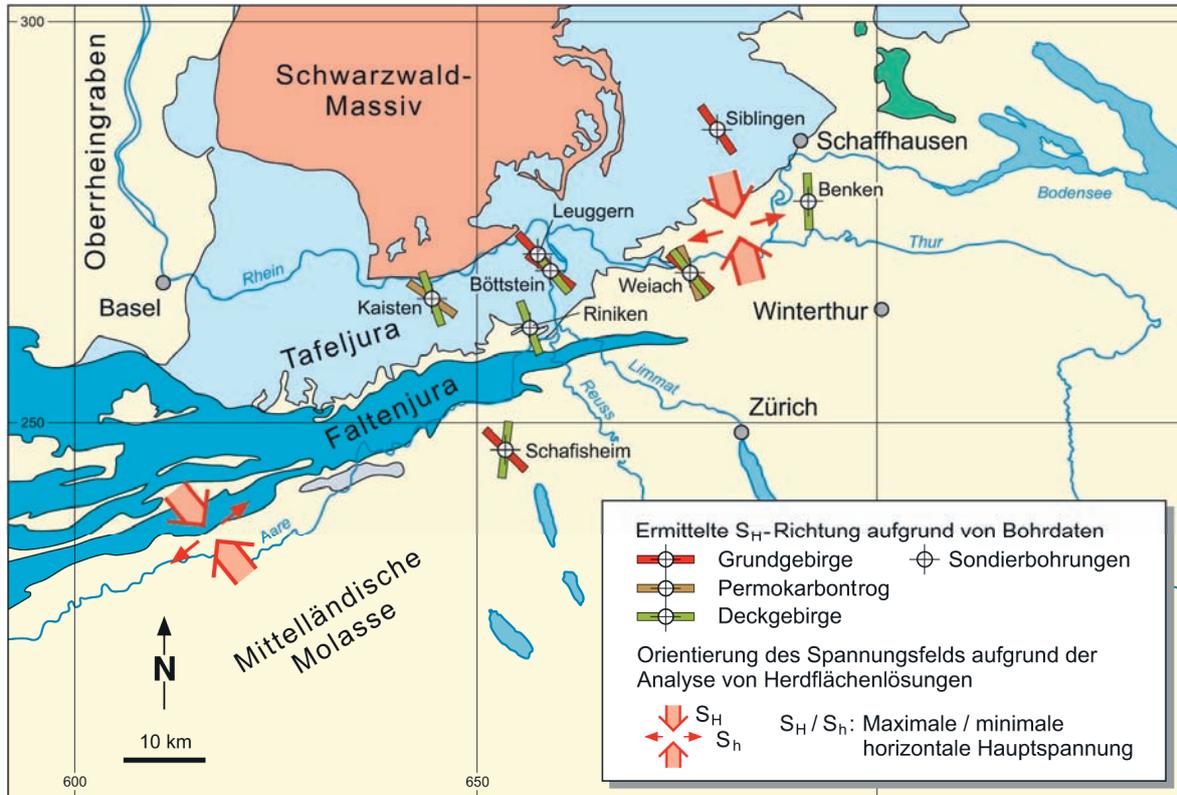


Abbildung 3.6-6 Überblick über die Orientierung des rezenten Spannungsfelds in der Nordschweiz (Müller et al. 2002)

Nach dem heutigen Kenntnisstand ist anzunehmen, dass die tektonische Entwicklung der zentralen Nordschweiz weiterhin vom Fernschub bestimmt wird. Geodätische Daten (Schlatter 2008, Zippelt & Dierks 2007) geben klare Hinweise dahingehend, dass die wichtigen tektonischen Prozesse, welche die Tektonik der Nordschweiz in jüngster Vergangenheit beeinflussten, weiterhin wirksam sind. So heben sich die Alpen immer noch mit einer Rate von ca. 1.5 mm/Jahr, der Schwarzwald mit Hebungsraten im Feldberggebiet von ca. 0.4 mm/Jahr.

Der Oberrheingraben zeigt weiterhin eine deutliche Senkungstendenz (alle geodätischen Daten beziehen sich auf einen Fixpunkt bei Laufenburg). Desweiteren zeigen die Nivellementmessungen im zentralen und östlichen Faltenjura differenzielle Hebungen von 0.25 bis 0.35 mm/Jahr gegenüber den Daten im Tafeljura (Abbildung 3.6-7). Diese Hebungsdifferenz zwischen Tafel- und Faltenjura kann nur mit einer noch anhaltenden Aufschiebung des Faltenjuras erklärt werden. Wenn man diese Hebungsgeschwindigkeiten auf Horizontalbewegungen umrechnet, ergibt sich eine Überschiebungsgeschwindigkeit im Bereich von 0.5 bis 0.7 mm/Jahr.

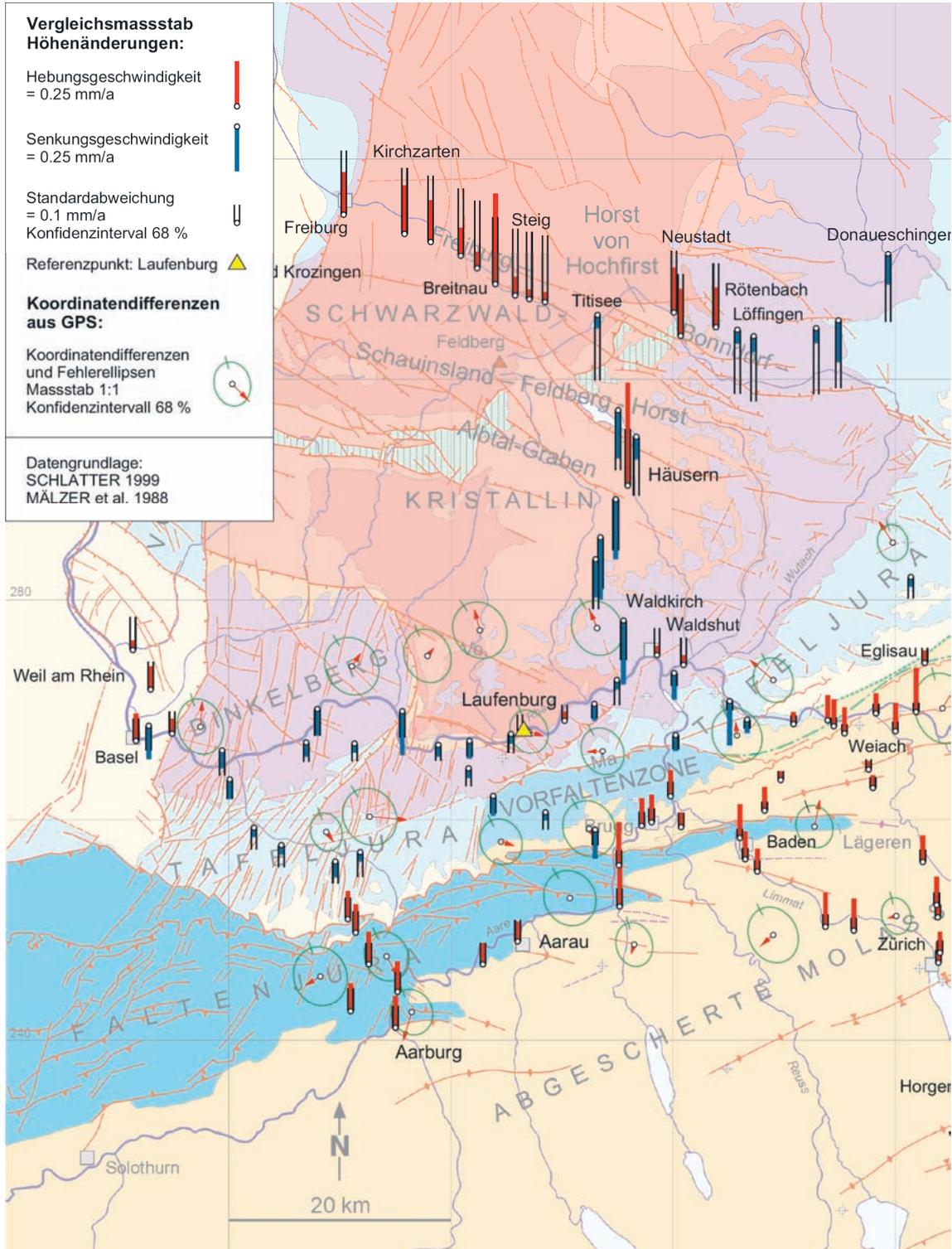


Abbildung 3.6-7 Höhenänderung in der Nordschweiz und im angrenzenden Süddeutschland (Müller et al. 2002)

Diese Bewegungen stehen vermutlich mit der noch anhaltenden Juraaufschiebung in Zusammenhang, die aber wegen des duktilen Verhaltens der evaporitischen Serien in der Trias keine nennenswerten Erdbeben auslöst (Abbildung 3.6-5).

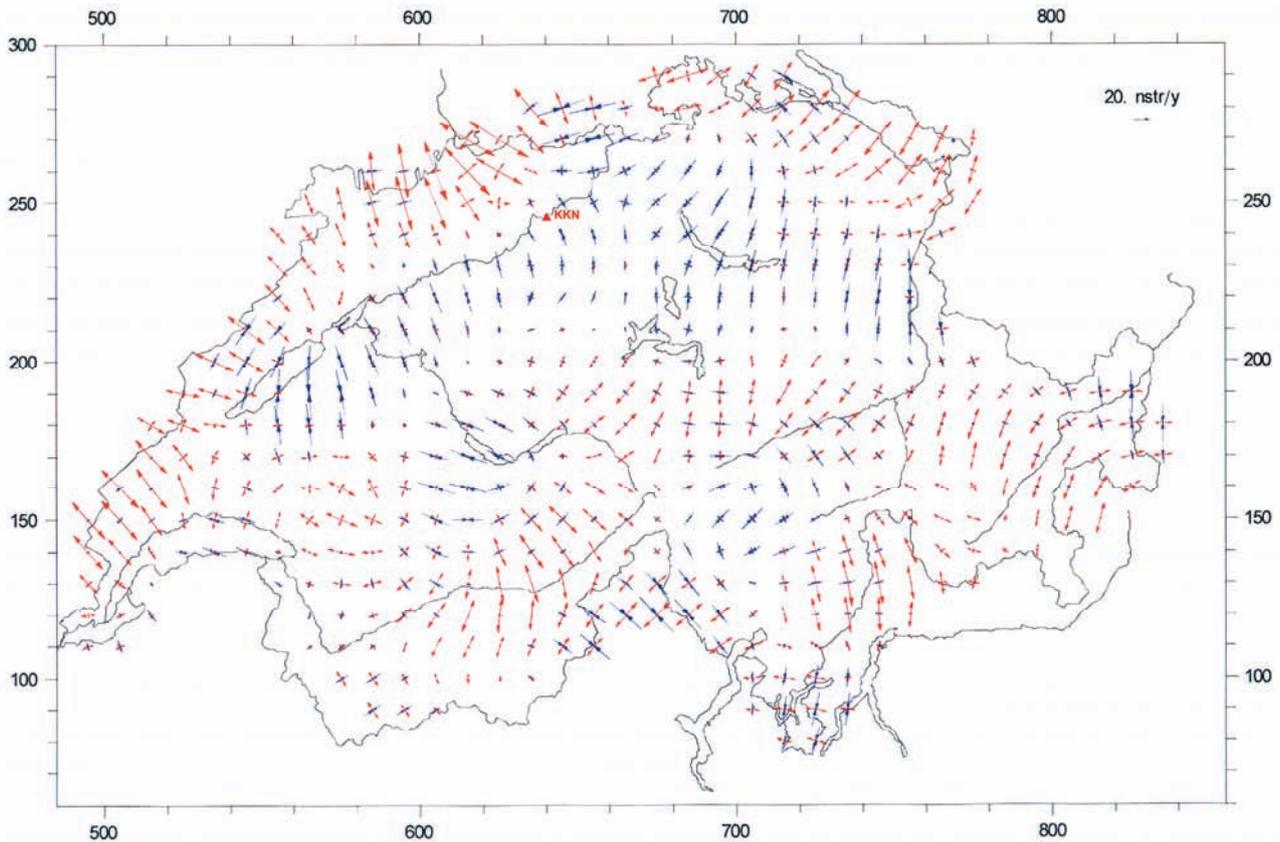


Abbildung 3.6-8 Zweidimensionale Verformungsraten ermittelt aus GPS-Messungen: P- und T-Achsen in einem Gitter von 10 km x 10 km. P-, T-Achsen mit positiven Werten sind als rote, negative als blaue Halbpfeile dargestellt (Wiget et al. 2007)

Die Juraaufschiebung begann vor ca. 13 Millionen Jahren. Das Sedimentpaket im Standortgebiet wurde in diesem Zeitraum ca. 4.5 km nach NNW verfrachtet. Die aus diesen Daten berechnete mittlere Überschiebungsgeschwindigkeit beträgt weniger als 0.4 mm/Jahr. Dieser Geschwindigkeitswert liegt wiederum in der gleichen Größenordnung wie die geodätisch ermittelten rezenten Werte. Diese Verformungsraten sind sehr klein und das Niederamt kann als geologisch ruhiges Gebiet, vergleichbar mit dem zentralen Bereich des Mittelländischen Molassebeckens, betrachtet werden.

3.6.2.4 Beschreibung der regionalen Oberflächen- und Sockelstrukturen (Störungskatalog)

Zweck, Datengrundlage und Vorgehen

Um die seismologische oder seismotektonische Gefährdung (z. B. durch "surface faulting") am Standort KKN zu beurteilen, müssen im Sinne der IAEA-Richtlinie (IAEA 2002, IAEA 2003) alle bekannten tektonischen Störungen im Untergrund im Umkreis von 25 km erfasst und gewichtet werden, die bei Erdbeben theoretisch reaktiviert werden könnten. Bei der Erstellung des entsprechenden Störungskataloges wurden zwei Gruppen von kartierten oder mit Hilfe der Reflexionsseismik identifizierbaren Strukturen differenziert, die eine unterschiedliche seismotektonische Bedeutung aufweisen: das höhere Stockwerk der oberflächennahen Strukturen und das tiefere Stockwerk der Sockelstörungen.

Die Datengrundlagen des Störungskataloges "Oberflächenstrukturen" stammen aus zwei verschiedenen Quellen:

- Störungsinventar der Nagra (siehe auch Nagra 2008, Beilage 5.2-6) und
- Tektonische Karte der Schweiz 1:500'000 (BWG 2005)

Beide Datensätze sind im Geografischen Informationssystem (GIS) der Nagra integriert und konnten für die Erstellung der Karte der Oberflächenstrukturen und des zugehörigen Störungskataloges "Oberflächenstrukturen mit Magnituden" (AF-Colenco 2009f, Beilagen 1 und 2) abgerufen werden. Im GIS-Katalog der Nagra war die Länge der jeweiligen Struktur an der Oberfläche nach der Ausbisslinie berechnet worden. Für den Störungskatalog wurde die Länge neu abgeschätzt. In Fällen, in denen eine oder mehrere Strukturabschnitte offensichtlich zusammengehören, wurden diese als eine Einheit betrachtet. Die Bruchfläche ergibt sich als Rechteck aus der Länge der Struktur und der mutmasslichen Tiefe. Bei duktilen Überschiebungen und Aufschiebungen wurde für die Bruchflächen nur der höhere Bereich berücksichtigt, in welchem sich die Aufschiebung bei Beanspruchung spröde verhält.

Die geologische Karte der Sockeloberfläche mit der mutmasslichen Verteilung von Permokarbontrögen (Nagra 2008, Abbildung 5.2-8) bildet die Grundlage für den Störungskatalog "Sockelstrukturen" (AF-Colenco 2009f, Beilage 4). Diese Karte wurde von (Naef 2009) mit Strukturen ergänzt, welche aufgrund der reflexionsseismischen Daten der Nagra interpretiert wurden. Die resultierende Karte der Sockelstrukturen (AF-Colenco 2009f, Beilage 3) enthält auch vermutete Störungen oder Störungen, welche aufgrund konzeptioneller Überlegungen postuliert wurden. Die Karte der Sockelstrukturen verfügt damit über keine gesicherten Störungen, im Gegensatz zur Karte der Oberflächenstrukturen. Damit keine Struktur zweimal aufgeführt wird, enthält der Störungskatalog Nr. 2 "Sockelstrukturen mit Magnituden" (AF-Colenco 2009f, Beilage 4) keine Grundgebirgsstrukturen, die bereits im Katalog Nr. 1 "Oberflächenstrukturen" enthalten sind.

Die in der Sockelstrukturkarte (Naef 2009) enthaltenen Strukturen sind teilweise auch in den geologischen Profilen des Nagra Technischen Berichtes (Nagra 2008) ersichtlich. Im Störungskatalog 2 ist der Verweis auf die entsprechende NTB Beilage in der Spalte "Bemerkungen" aufgeführt.

Für alle in den beiden Katalogen aufgeführten Störungen wurden nach (Wells & Coppersmith 1994) die möglichen maximalen Magnituden berechnet (KKG 2009b).

Wesentliche Aussagen zu identifizierten Strukturen

Die Berechnungen der maximalen Magnituden für die 98 Strukturen des Störungskataloges Nr. 1 "Oberflächenstrukturen" (AF-Colenco 2009f, Beilage 2) ergaben für 76 Störungen Werte, die kleiner als 5 waren. Bei 19 Strukturen ergaben sich Magnituden zwischen 5.0 und 5.4 und nur drei Störungen, die Eggberg-Störung, die Wehratal-Störung und die Zeininger Bruchzone zeigten Werte von 5.5 und 5.6. Inwieweit solche Störungen reaktiviert werden können, hängt von der relativen Lage der Bruchfläche bezüglich der Orientierung des rezenten Spannungsfeldes ab. Für die Abschätzung der Erdbebengefährdung am Standort eines KKW's spielt der Abstand zur möglichen Herdfläche eine massgebende Rolle.

Das rezente Spannungsfeld nach (Kastrup et al. 2004), welches allein aus der Analyse von Herdflächen ermittelt wurde, zeigt die grösste Kompressionsspannung in Richtung NNW-SSE. In Richtung ENE-WSW besteht hingegen eine maximale Extension. Nach (Kastrup et al. 2004) bedeutet dies ein tektonisches Regime, in welchem Blattverschiebungen und Abschiebungen dominieren. Gemäss der Orientierung des rezenten Spannungsfeldes würden darum rheinisch (N-S bis NNE-SSW) und herzynisch (WNW-ESE bis NW-SE) streichende Blattverschiebungen sowie ENE bis E und WSW bis W vergente Abschiebungen am ehesten aktiviert.

Bei Betrachtung der drei identifizierten Störungen mit den grössten Magnituden (vgl. AF-Colenco 2009f, Beilage 2) kann Folgendes festgehalten werden:

- Die Eggberg-Störung ist eine sehr alt angelegte Struktur, die wahrscheinlich bei den Haupthebungsphasen des Südschwarzwaldes reaktiviert worden ist. Sie besteht aus zahlreichen Ästen, die Hauptverwerfungsfläche fällt ca. 50° nach Süden ein und dürfte daher nach (Kastrup et al. 2004) kaum aktiviert werden. Zudem ist sie mehr als 21 km vom KKN entfernt.
- Die Wehratal-Störung und die Zeininger Bruchzone entstanden im Obereozän - Unteroligozän während der Absenkung des Oberrheingrabens und der damit verbundenen Entwicklung der Dinkelberg-Scholle und des mit Gräben durchsetzten Feldes des Tafeljuras.
- Die Wehratal-Störung ist eine westvergente Abschiebung und könnte unter dem rezenten Spannungsfeld reaktiviert werden. Es gibt jedoch keine Hinweise auf eine jüngere Reaktivierung. Die Wehratal-Störung ist 26 km vom KKN entfernt.

- Die Hauptstruktur der Zeininger Bruchzone ist eine nordwestvergente Abschiebung. Sie liegt bezüglich der Orientierung des Hauptspannungsfeldes nicht in einem Regime, in welchem sie leicht reaktiviert werden könnte. Sie ist zudem mindestens 18 km vom KKN entfernt.

Die geologische Karte der Sockelstrukturen und der Störungskatalog Nr. 2 "Sockelstrukturen mit Magnituden" (AF-Colenco 2009f, Beilagen 3 und 4) beinhalten, wie bereits erwähnt, keine eindeutig gesicherten Strukturen. Die angegebenen Strukturen wurden aufgrund von Interpretationen oder konzeptionellen Überlegungen postuliert.

Die markantesten Strukturen sind die Trogränder des tiefen Nordschweizer Permokarbondrogs (NPT) und die Abschiebungen, welche die verschiedenen kristallinen Horste begrenzen. Für diese Störungen mussten konservativerweise sehr grosse Bruchflächen angenommen werden. Die berechneten Magnituden-Werte liegen daher auch in einem relativ hohen Wertebereich zwischen 4.4 und 5.8. Neben dem Nordschweizer Permokarbondrog zeigt die Karte auch drei kleinere, vermutete Permokarbondröge. Es ist anzunehmen, dass auch diese von Abschiebungen begrenzt werden, sie konnten aber reflexionseismisch nicht nachgewiesen werden.

Über das Alter und eine allfällige Bedeutung in Zusammenhang mit einer jungen Reaktivierung von Sockelstrukturen können folgende Feststellungen gemacht werden (Naef 2009):

- Aufgrund der umfangreichen Untersuchungen des Untergrundes der Nordschweiz darf angenommen werden, dass das bis heute bekannte Strukturmuster im Sockel durch die mehrphasige variskische Orogenese im späten Paläozoikum entstanden ist (z. B. Nagra 2008).
- Weil lithologische Kontraste im Sockel ohne direkte Informationen aus Tiefbohrungen nur sehr eingeschränkt explorierbar sind, beschränkt sich die Erkundung dieses Strukturmusters weitgehend auf die Analyse von Verwerfungen an der Basis Mesozoikum (Reflexionsseismik), d.h. durch spätere Bewegungsphasen reaktivierte Sockelstörungen.
- Anhand dieser vom Sockel ins Deckgebirge aufsteigenden Störungen sowie damit zusammenhängender Fazies- und Mächtigkeitsänderungen (Sedimentation und Tektonik) können Phasen mit unterschiedlicher Remobilisierung von Sockelstrukturen erkannt werden:
 - Postorogene differenzielle Subsidenz im ausgehenden Paläozoikum und frühen Mesozoikum mit Ausbildung unterschiedlicher Mächtigkeiten der permotriadischen Formationen und Reaktivierung von Sockelstörungen (Zerrung und Kompaktion, v. a. auch um den Nordschweizer Permokarbondrog NPT)
 - Leichte Scherung und Inversion während der späten Trias, evtl. bis in den frühen Dogger, erstmals nachgewiesen aufgrund der 3-D Reflexionsseismik der Nagra im Zürcher Weinland (Birkhäuser et al. 2001)
 - Diverse Hinweise auf leichte Remobilisierungen von Sockelelementen während des jüngeren Mesozoikums, welche sich in unterschiedlichen Mächtigkeiten und Faziesräumen äussern

- Reaktivierung von rheinischen Strukturen als Folge der Entstehung des Oberrheingrabens im Eozän/Oligozän (z. B. Zeiningen-Störung, Wölflinswil-Graben)
- Allgemeine Zerrungstektonik mit Reaktivierung von Trogrändern während der Subsidenz des Molassebeckens im Oligozän-Miozän (z. B. Baden-Itzehoe-Herdern-Lineament, Mandacher Basisabschiebung = Nordrand des Nordschweizer Permokarbondrogs, siehe z. B. Nagra 2008, Beilage 5.2-14)
- Reaktivierung von Sockelstörungen, insbesondere von herzynischen Strukturen durch die miozäne/pliozäne Aufdomung des Südschwarzwaldes (Vorwald- und Eggberg-Störung, Bonndorf-Hegau-Bodensee-Graben)
- Kompressive Scherung im Sockel durch das anhaltende alpine Stressfeld als jüngste, neotektonische Erscheinung; dabei werden bevorzugt rheinische Strukturen als sinistrale und herzynische Elemente als dextrale Transversalverschiebungen reaktiviert

Für eine junge Inversion des Nordschweizer Permokarbondrogs gibt es bisher keine Hinweise. Diese Aussage gilt für das Untersuchungsgebiet der Nagra, welches die zentrale und östliche Nordschweiz zwischen Aarwangen und Bodensee und damit auch den Standort KKN umschliesst (Nagra 2008).

Die begrenzenden Abschiebungen der kristallinen Horste sind teilweise identisch mit Permokarbondrog-Rändern, einige davon versetzen den Nordschweizer Permokarbondrog, manche sind Verwerfungen innerhalb des kristallinen Grundgebirges. Die Streichrichtung der markanten Abschiebungen ist \pm W-E bis WSW-ENE. Damit zeigen diese Abschiebungen Streichrichtungen, die im herrschenden Spannungsregime (Kastrup et al. 2004) kaum reaktiviert werden können.

Schlussfolgerungen

Basierend auf den beschriebenen tektonischen Strukturen im 25 km Umkreis um den Standort und deren Gewichtung hinsichtlich der maximal möglichen Magnitude, die sie auszulösen vermögen, kann gefolgert werden, dass keine der Oberflächen- oder Sockelstrukturen ein Erdbeben auslösen kann, das für das geplante Bauvorhaben eine Gefährdung darstellen würde. Dafür sind folgende Gründe massgebend:

- Die signifikanten Strukturen liegen in grosser Entfernung zum Standort des KKN. Dies gilt namentlich für die östlichen Randstörungen des Oberrheingrabens und für die Fribourg-Zone
- Die Strukturen sind vielfach flächenmässig zu klein, als dass sie grössere Erdbeben auslösen können
- Aufgrund ihrer Lage und Orientierung können die Strukturen durch das rezente Spannungsfeld nicht reaktiviert werden

3.6.2.5 Erdbebenkatalog, Erdbebenverteilung

Neben den tektonischen Störungen und ihrem Reaktivierungspotential ist die Erfassung von allen seismischen und mikroseismischen Quellen im regionalen Umfeld wesentlich, um die seismische bzw. seismotektonische Gefährdung des Standortes zu beurteilen. Zu diesem Zweck wurde ein standortspezifischer Erdbebenkatalog mit Ereignissen der Magnitude $M > 2.5$ und $M < 2.5$ erstellt, basierend auf der Datengrundlage des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED).

Vor Diskussion der Daten sind die Begriffe der Magnitude und Intensität zu erläutern (siehe auch SED 2008).

Mittels der Magnitude (M) wird die Grösse eines Erdbebens angegeben. Sie ist ein Mass für die im Bebenherd freigesetzte Energie. Die Erdbebenmagnitude wird gewöhnlich mit Hilfe der Amplitude und Periode des an einer seismischen Station aufgezeichneten Signales bestimmt. Diese Signalamplitude nimmt aber mit zunehmender Entfernung vom Erdbebenherd ab. Für die Bestimmung der Magnitude muss daher eine entfernungsabhängige Korrektur angewandt werden. Die resultierende Magnitude hängt dann nicht mehr davon ab, wo das Erdbeben registriert wurde. Die Magnitude unterscheidet sich dadurch von der ortsspezifischen Intensität.

Die Intensität eines Erdbebens wird als Mass seiner Wahrnehmbarkeit durch den Menschen und seiner örtlichen Schadenswirkung auf Bauwerke und Landschaft verwendet. Nahezu alle historisch überlieferten (makroseismischen) Erdbebenkatalogen liegen in Form von Intensitätsangaben vor, die aus der Überlieferung der beobachteten Schäden abgeleitet wurden. In Europa wird seit 2001 die Intensitätsskala EMS 98 verwendet, eine Weiterentwicklung der MSK 64 (Medwedew-Sponheuer-Kárník) Skala. Ein Vorteil dieser neuen Skala besteht darin, dass sie sehr gut statistisch bezüglich des beobachteten Umfanges von Schäden an standardisierten Gebäudetypen kalibriert ist.

Die Magnitude eines Erdbebens wird durch verschiedene Methoden bestimmt. Die zwei gängigsten Magnitudentypen, die am häufigsten in den verschiedenen Erdbebenkatalogen des SED's angetroffen werden, sollen hier kurz erwähnt werden.

Die Lokalmagnitude (M_L) wird für Erdbeben bestimmt, die relativ nahe an den registrierten Stationen auftreten. Die erste Magnitudenskala, die 1935 von Richter entwickelt wurde, entspricht einer solchen Lokalmagnitude. Auch heute noch wird die Grösse eines Erdbebens gewöhnlich in Einheiten auf der Richter-Skala angegeben.

Die Momentenmagnitude (M_w) ist die einzige Magnitude, die direkt mit den physikalischen Vorgängen und Parametern am Erdbebenherd zu tun hat. Basierend auf theoretischen Überlegungen wurde M_w vom seismischen Moment M_0 abgeleitet. M_0 ist das Produkt von der Grösse der Bruchfläche mit dem durchschnittlichen Verschiebungsbetrag entlang dem Bruch und mit der Scherfestigkeit des Materiales. Für die Bestimmung von M_w gibt es verschiedene Möglichkeiten. Der Aufwand ist jedoch grösser als das Messen von Seismogramm-Amplituden.

Wird in den Erdbebenlisten eine mit "M" bezeichnete Magnitude aufgeführt, bedeutet dies, dass der Magnitudentyp nicht näher spezifiziert wurde.

Der SED hat den ECOS-Katalog (Earthquake Catalog of Switzerland) seit 2002 zur Publikation im Internet bereitgestellt (SED 2008). Dieser Katalog ist ein Auszug aus der elektronischen Datenbank des SEDs und enthält alle Ereignisse, für welche entweder eine makroseismische Beobachtung oder instrumentelle Messungen vorliegen. Er deckt die gesamte Schweiz sowie ein Band von 30 km im benachbarten Ausland ab, zwischen den geografischen Koordinaten 5.6 - 11.1° E (Längengrad) und 45.4 - 48.3° N (Breitengrad).

Der ECOS-Katalog wurde 2002 vom SED, basierend auf historischen, makroseismischen und seismologischen Untersuchungen wie folgt revidiert:

- Durch historische Untersuchungen wurden relevante Erdbebenstudien, Kataloge und vorhandene makroseismische Datenbanken der Schweiz und des benachbarten Auslandes zusammengetragen.
- Alle Erdbeben mit Erdbebenherd in der Schweiz oder im Ausland, welche signifikante Effekte in der Schweiz hervorgerufen haben, wurden in makroseismischer Hinsicht gesondert betrachtet. Für diese Erdbeben wurden Intensitätszonen erarbeitet.
- Durch seismologische Untersuchungen wurden schliesslich Quellenparameter (Epizenter, hypozentrische Tiefenklassierung, epizentrale Intensität, maximale Intensität, makroseismische Magnitude) mit ihren Unschärfen erarbeitet. Aufgrund dieser Angaben wurde dann die Momentenmagnitude (M_w) abgeleitet. Der ECOS-Katalog enthält somit eine uniforme Abschätzung der Momentenmagnitude als einheitliches Mass für alle bekannten historischen und instrumentellen Ereignisse.

Der ECOS-Katalog wird laufend nachgeführt und stellt die zurzeit aktuellste und umfassendste Datenbasis dar. Nachstehend werden vier Epizentrenkarten abgebildet und diskutiert (Abbildung 3.6-9 bis Abbildung 3.6-12), die alle verfügbaren Daten über Erdbeben und Mikroerdbeben ($M_w < 2.5$) beinhalten. Der dargestellte Kartenausschnitt beinhaltet die wichtigsten Erdbebengebiete um den Standort KKN: Basel, Fribourg und die Innerschweiz. Nebst der Klassifizierung nach Magnitude (kleiner/grösser als 2.5) werden eine Einteilung nach historischen und rezenten Ereignissen (vor und nach 1975) sowie eine Unterscheidung nach Herdtiefe (grösser/kleiner 15 km) vorgenommen.

Abbildung 3.6-9 zeigt instrumentell gemessene Schwachbeben mit $M_w < 2.5$. Eine deutliche Anhäufung solcher Ereignisse findet sich in einem ca. 10 km breiten, NW-SE streichenden Streifen, der sich vom Oberrheingraben östlich von Bartenheim über Basel bis an den Unteren Hauenstein verfolgen lässt. Auch in der Dinkelberg-Scholle und dem südlich angrenzenden Tafeljura bis zur Linie Säckingen – Unterer Hauenstein ist eine Anhäufung von Mikrobeben erkennbar.

Eine weitere Häufung findet man im Gebiet des Weissensteins zwischen Oensingen und Grenchen. Auffallend sind die fast perlschnurartig aneinander gereihten Epizentren von Mikrobeben im Gebiet der Fribourg-Zone zwischen dem Schwarzsee und Laupen. Es scheint, dass in der Fribourg-Zone auch kleine Bruchflächen aktiviert werden.

Eine diffusere Verteilung findet man im Faltenjura im Gebiet zwischen Biel - Delsberg - Bonfol sowie im Sundgau. Eine weitere Häufung ist entlang dem Alpennordrand, zwischen Vierwaldstätter See und Thuner See, erkennbar.

Die Karte mit den Beben über der ungefähren Spürbarkeitsschwelle ($M_w > 2.5$) in Abbildung 3.6-10 zeigt ein etwas anderes Bild als das der Schwachbeben. Es findet sich hier eine Konzentration vor allem der historischen Beben in und südlich von Basel. Nordwestlich von Basel dominieren die instrumentell erfassten Beben. Auch in der Innerschweiz, in den Kantonen Nid- und Obwalden, zeigen die historischen Beben eine grosse Dominanz. Im Gebiet um Fribourg sind die Epizentren nicht mehr linear angeordnet, sondern flächenmässig um Fribourg verteilt. Eine ähnliche Anhäufung von Beben findet man auch in Zürich, Horgen, Eglisau und Brugg. Trotz sorgfältiger Lokalisierung werden den historischen Beben oft Epizentren in der Nähe von Städten zugewiesen, wo sie von den meisten Menschen wahrgenommen wurden.

Die Karte in Abbildung 3.6-11 beinhaltet alle historischen und instrumentell erfassten Beben. Die wichtigsten Aussagen wurden schon zu den beiden oberen Karten (Abbildung 3.6-9 und Abbildung 3.6-10) getroffen. Aus dieser Karte ist deutlich zu erkennen, dass das Gebiet um den KKN Standort eine sehr niedrige Erdbebenhäufigkeit aufweist.

Die Erbeben mit einer Herdtiefe von grösser 15 km konzentrieren sich auf folgende Zonen (Abbildung 3.6-12): Ein NW-SE streichender Streifen vom Oberrheingraben über Basel bis Sis-sach; das Gebiet des Dinkelberges; die Region um den Weissenstein sowie Gebiete um Horgen und Brugg. Auch in der Fribourg-Zone traten einige Tiefbeben auf.

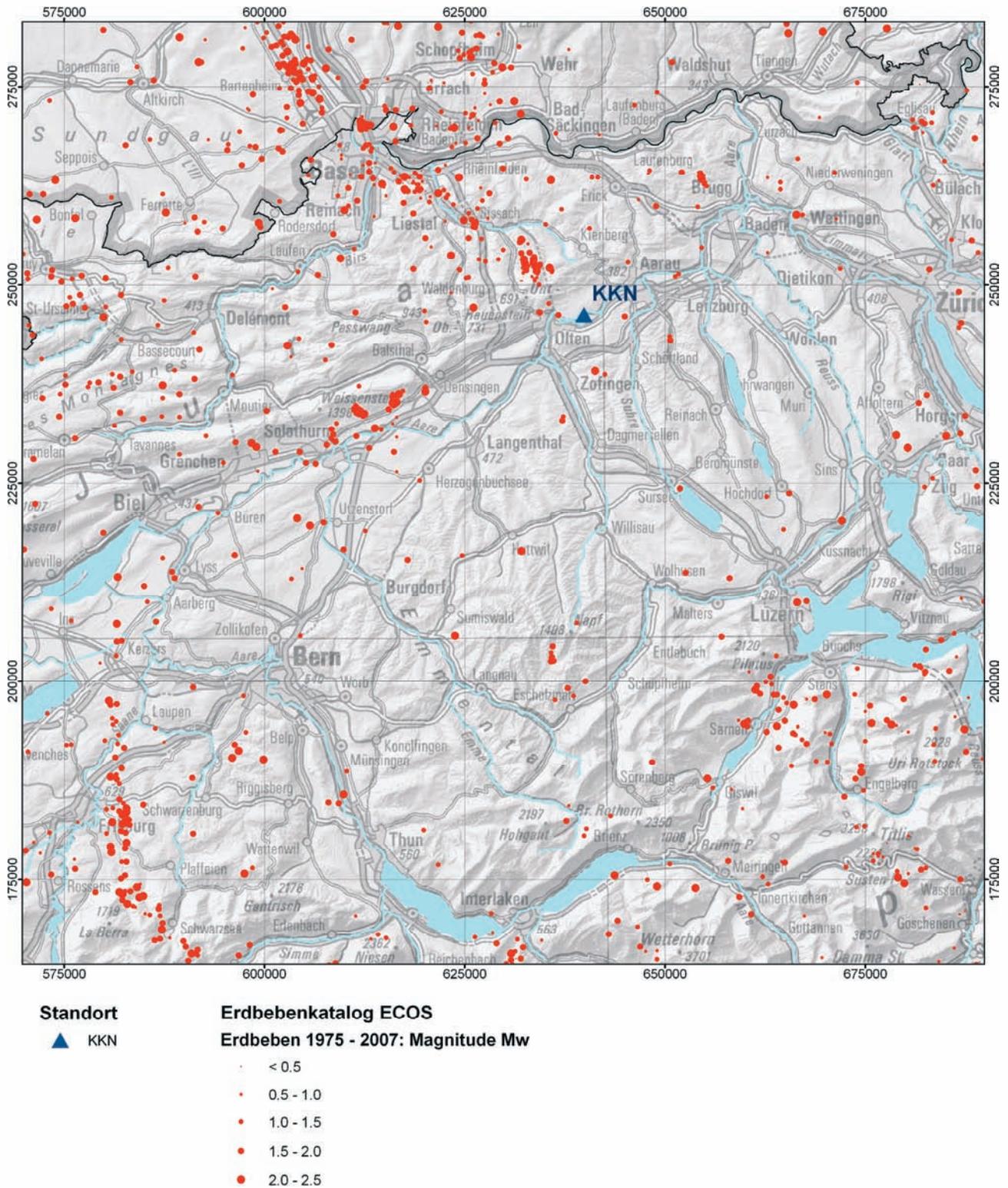


Abbildung 3.6-9 Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 2.5$

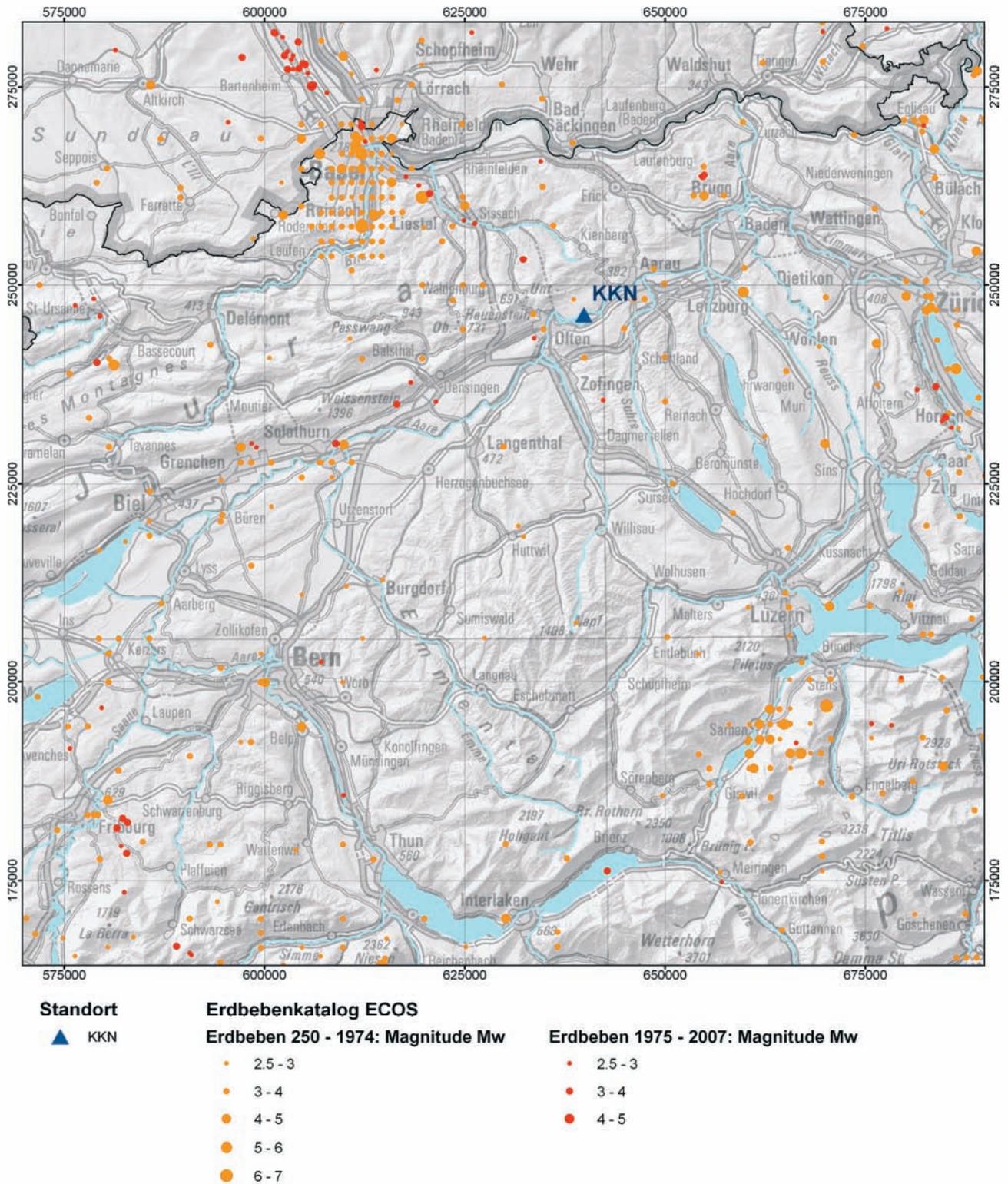


Abbildung 3.6-10 Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007, Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$

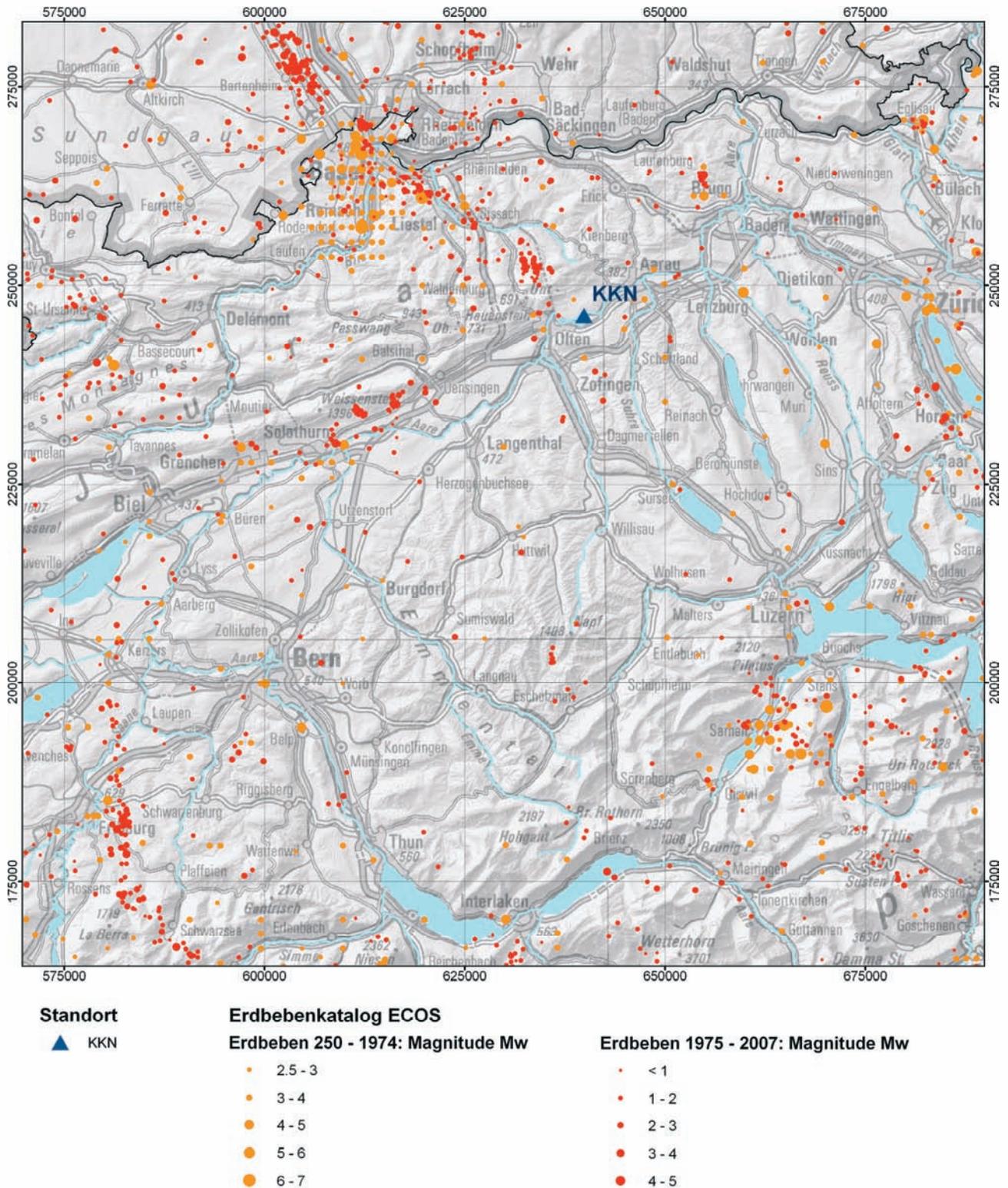


Abbildung 3.6-11 Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 1.0$ bis 5.0, Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$

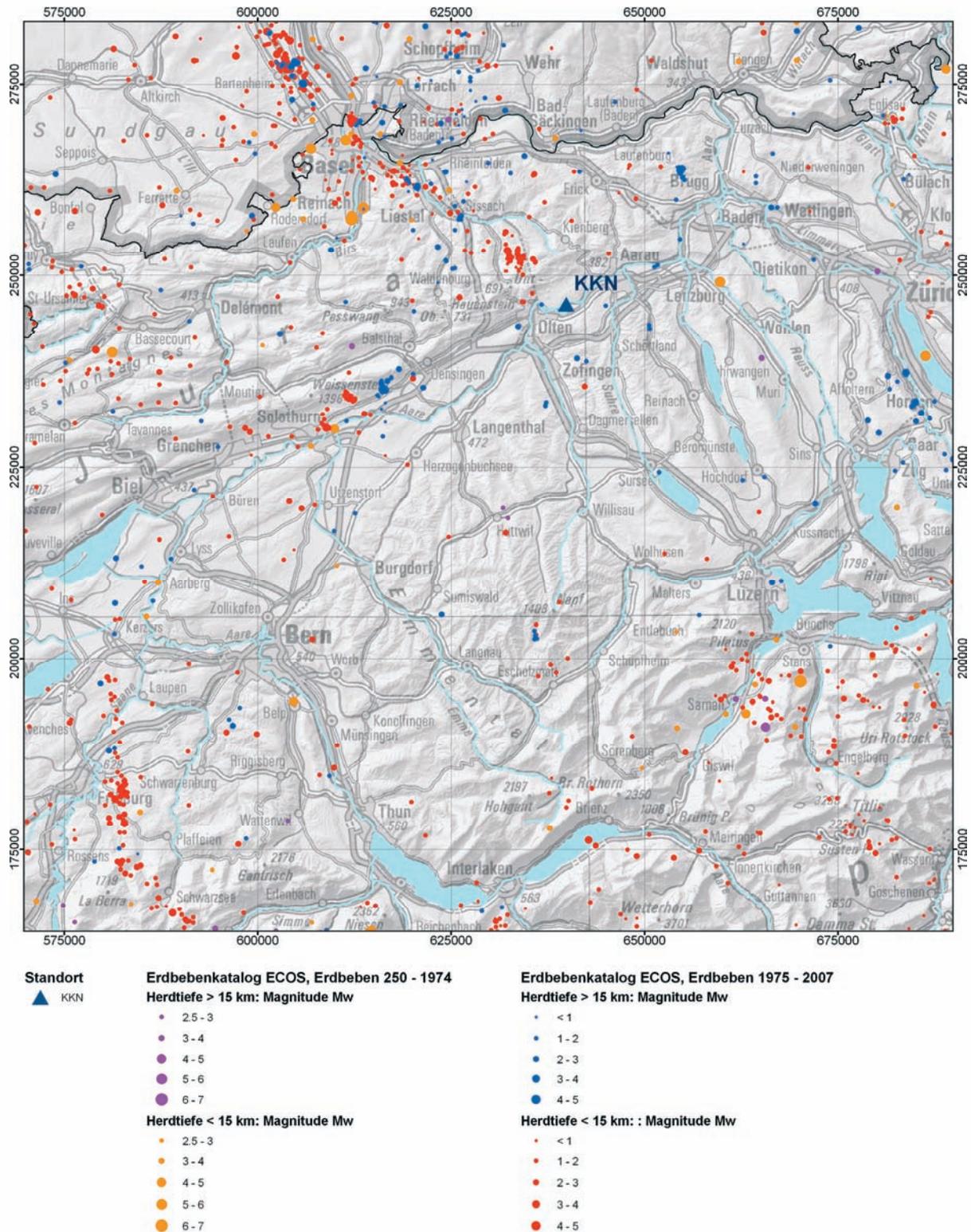


Abbildung 3.6-12 Erdbebenkatalog ECOS; Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$, Herdtiefe < 15 km, > 15 km, Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 1-5$, Herdtiefe < 15 km, > 15 km

3.6.2.6 Paläoseismische Untersuchungen

Um Informationen über die prähistorische Erdbebenaktivität während des Quartärs (Spätpleistozän und Holozän) zu gewinnen, wurden seit 1997 in der Schweiz mehrere Forschungsprojekte zur Erfassung prähistorischer Erdbeben durchgeführt (Giardini et al. 2004). Diese Untersuchungen unter dem Projektnamen PALEOSEIS konnten mehrere stärkere Erdbeben in den letzten ca. 15'000 Jahren im Raume Basel und im zentralen Alpennordrand identifizieren (Becker et al. 2005, Ferry et al. 2005, Monecke et al. 2006, Schnellmann et al. 2006, Strasser et al. 2006).

3.6.3 Bisherige seismische Gefährdungsanalysen

3.6.3.1 Erdbebengefährdungskarten

Wie man der Erdbebengefährdungskarte der Schweiz (Abbildung 3.6-13) entnehmen kann, liegt der Standort KKN in einem Gebiet mit geringer Erdbebengefährdung. Mittelland, Falten- und Tafeljura liegen - seismotektonisch gesehen - im Innern einer Kontinentalplatte, in welcher schwache bis mittlere Beben vorherrschen. Bei sehr kleinen Eintrittshäufigkeiten ($\leq 10^{-4}/a$), wie sie für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen durch Naturereignisse ausgelöste Störfälle zu berücksichtigen sind (UVEK 2009), müssen auch starke Beben mit einbezogen werden.

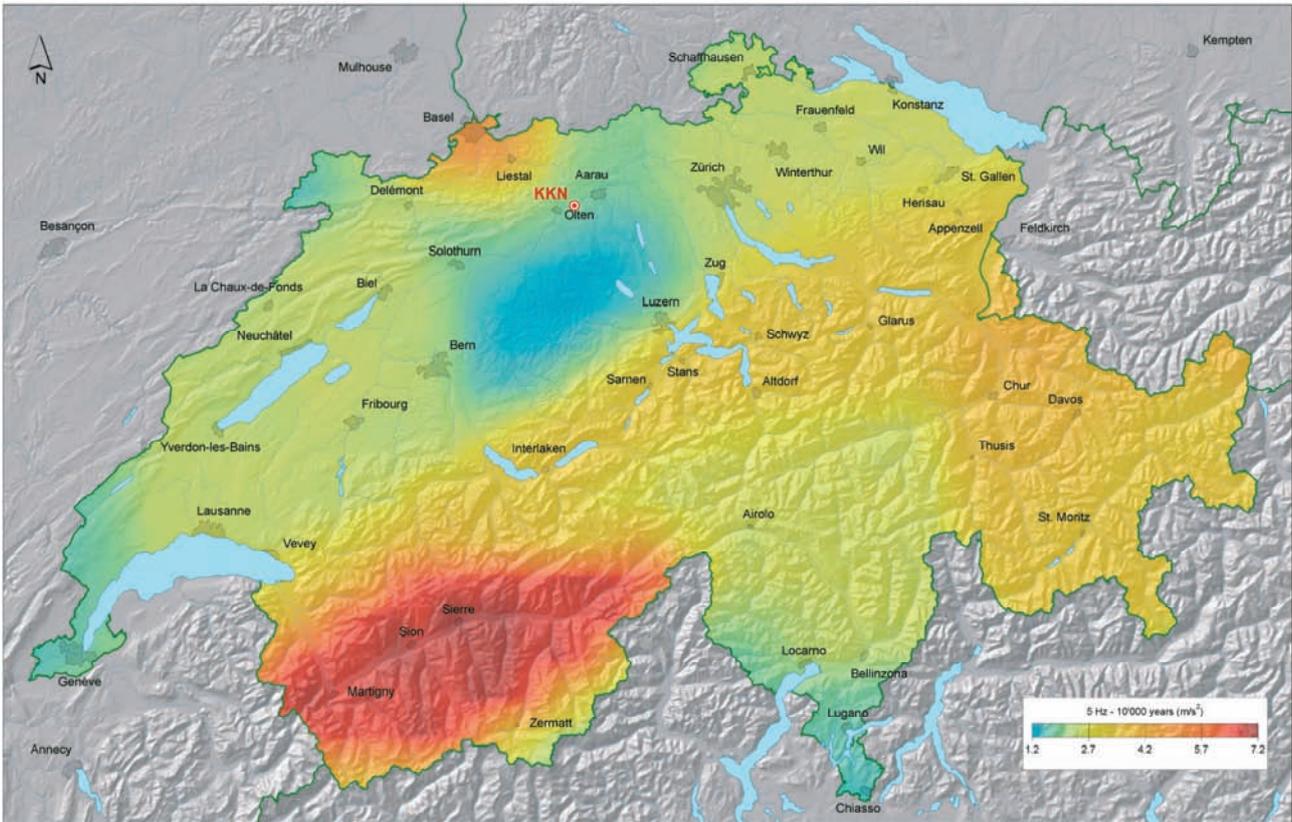


Abbildung 3.6-13 Erdbebengefährdungskarte der Schweiz (Schweizerische Erdbebendienst ETH Zürich). Dargestellt sind die statistisch ermittelten Bodenbeschleunigungen (in m/s^2) für eine Eintrittswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ und eine spektrale Frequenz von 5 Hz. Blau-grün: schwache Gefährdung, gelb: mittlere Gefährdung, rot: erhöhte Gefährdung

3.6.3.2 Projekt PEGASOS

Vorbemerkung

Das endgültige Bemessungsspektrum von KKN wird auf Basis der geologisch/geotechnischen Baugrunduntersuchungen im Rahmen des Bauprojektes und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Ergebnissen aus dem abgeschlossenen Projekt PEGASOS und dem zurzeit laufenden Nachfolgeprojekt PEGASOS Refinement Project (PRP) gemäss den schweizerischen Richtlinien festgelegt. In den folgenden Kapiteln werden die Arbeiten und Ergebnisse von PEGASOS und deren Beurteilung durch die HSK rekapituliert, sowie die laufenden Aktivitäten von PRP erläutert. Eine Beurteilung der Erdbebengefährdung am Standort KKN ist in Kapitel 3.6.4 enthalten.

Einleitung

Beim Bau der schweizerischen Kernkraftwerke wurde der Erdbebensicherheit schon immer grösste Aufmerksamkeit geschenkt. Bei der Erstellung der Erdbebengefährdungskarte in den 1970er-Jahren wurden nicht nur die gemessenen Beben, sondern auch die historischen Erdbebendaten berücksichtigt. Diese wurden statistisch ausgewertet und in die Gefährdungskarte integriert.

In den 1980er-Jahren wurden die Anforderungen an die Ermittlung der Erdbebengefährdung weiter verfeinert. Für die probabilistische Sicherheitsanalyse wurde nicht nur der seismische Datensatz verwendet, sondern auch die Tektonik mit in die Analyse einbezogen.

Im Ausland, vor allem in den USA, wurden weitere Fortschritte auf dem Gebiet der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalysen erzielt. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei der systematischen und umfassenden Berücksichtigung von Unsicherheiten. Der in der Statistik verwendete Begriff der Unsicherheiten bezieht sich auf die Streubreite von statistischen Ergebnissen, die aufgrund von in der Datenbasis und den Berechnungsmodellen vorhandenen Unschärfen entsteht. Bei Behandlung der Unsicherheiten wurde unterschieden zwischen solchen, die naturbedingt zufälliger Art und somit nicht eliminierbar sind (*aleatorische Unsicherheiten*) und den Unsicherheiten, die mit der Modellbildung verknüpft sind und durch Verbesserung des Wissens verkleinert werden können (*epistemische Unsicherheiten*). Ferner wurden die Methoden der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse vor allem im Bereich der strukturierten Expertenbefragung wesentlich weiterentwickelt.

1999 kam die HSK daher zum Schluss, dass die probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse PSHA (Probabilistic Seismic Hazards Assessment) der schweizerischen Kernkraftwerke nicht mehr in allen Punkten dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik entsprach. Die HSK forderte daher, dass die Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerkstandorten in der Schweiz nach den neusten Methoden, den PSHA Guidelines nach SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee) Level 4 neu zu bestimmen sei. Dabei sollte auch eine umfassende Evaluation aller Unsicherheiten durchgeführt werden.

Von den KKW-Betreibern wurde daher das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag gegeben. Das Projekt startete 2001 und endete mit dem Schlussbericht im Jahre 2004 (Nagra 2004). Das Projekt PEGASOS ist eine in Europa einzigartige Studie. In diesem Projekt wurden die Unsicherheiten systematisch und umfassend dokumentiert, sowie die weltweit neusten Methoden und Erkenntnisse aus der Erdbebenforschung mit einbezogen. Insgesamt waren 21 international anerkannte Fachexperten aus 7 europäischen Ländern sowie ausgewiesene Fachexperten und Auftragnehmerfirmen aus Europa und den USA beteiligt. Das Projekt wurde nach der Vorlage SSHAC Level 4 abgewickelt, die Projektleitung lag bei der Nagra. Es wurden 13 "Workshops" und 17 "Elicitation Meetings" durchgeführt. Die HSK begleitete und überprüfte das PEGASOS-Projekt.

Entsprechend dem logischen Vorgehen bei einer probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse wurde das Projekt PEGASOS in vier Teilprojekte unterteilt: Charakterisierung der Erdbebenquellen, Bestimmung der Erdbebenausbreitung (Abminderungsmodelle) und der Standorteinflüsse, sowie Berechnung der seismischen Gefährdung.

Teilprojekt 1: Charakterisierung der seismischen Quellen

In diesem Teilprojekt entwickelten vier Expertengruppen (EG1a - EG1d) Modelle für die in der Gefährdungsanalyse zu berücksichtigenden Erdbebenquellen, die so genannten seismischen Quellenmodelle. Dazu verwendeten sie die Daten des Erdbebenkataloges des Schweizerischen Erdbebendienstes, der alle bekannten historischen und auch die instrumentell erfassten Erdbeben enthält sowie weitere seismotektonische und geophysikalische Grundlagen. Als seismische Quellen wurden fast ausschliesslich seismische Flächenquellen identifiziert, d.h. Gebiete mit homogenen seismischen Eigenschaften bzw. mit diffuser Verteilung der Epizentren. Die Expertengruppe EG1a modellierte neben den Flächenquellen auch zwei diskrete lineare Störungszonen, die "Fribourg-Störungslinie" und die "Reinacher Störung" (siehe auch Abbildung 3.6-14), dies allerdings nur als eine Variante mit einer geringeren Gewichtung als die Variante mit Flächenquellen. Die in Abbildung 3.6-14 dargestellte Aufteilung der seismischen Quellenzonen ist eine von 21 alternativen Darstellungen dieser Expertengruppe. Die Quellenmodelle bilden, als gewichtete Äste miteinander verknüpft, einen «logic tree». Zusammen mit den jeweiligen Magnituden-Häufigkeits-Beziehungen und Maximalmagnituden jeder einzelnen Quelle liefern sie den Eingabebeitrag zu den Gefährdungsrechnungen. Die Modellvarianten des "logic tree", zusammen mit den zugeordneten Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Quellenparameter, bilden die epistemischen Unsicherheiten der Quellencharakterisierung ab.



Abbildung 3.6-14 Beispiel der Aufteilung in seismische Flächenquellen und in zwei lineare Störungs-zonen durch die Expertengruppe EG1a. Die seismischen Quellen sind auf dem Hintergrund einer geologischen Karte dargestellt.

Teilprojekt 2: Bestimmung der Abminderungsbeziehungen

Im Teilprojekt 2 wurde untersucht, wie die Bodenerschütterungen mit zunehmender Distanz des Erdbebenherdes zum betrachteten Standort als Funktion der Magnitude und der Frequenz abnehmen. Für die Entwicklung ihrer Modelle zogen die PEGASOS SP2 Experten verschiedene bewährte, veröffentlichte, empirische Abminderungsmodelle aus vielen Teilen der Welt in Betracht. In einem "logic tree" beurteilten sie (mit Gewichtungen) ihre Vor- und Nachteile als Funktion des Entfernungs-, Magnituden- und Frequenzbereiches. Daraus wurden verschiedene Skalierungsmechanismen entwickelt, um die Teilmodelle für die Schweiz anwendbar zu machen. Das grosse Problem, mit dem die Experten dabei konfrontiert wurden, ist der Mangel an Starkbebedaten für die Schweiz ($M_w > 5$) und damit die Frage, ob eher lokale, im oberen Magnitudenbereich kaum abgestützte Modelle oder gut fundierte, globale Beziehungen mit zweifelhafter Übertragbarkeit, vorzuziehen sind. Diese Frage konnte nicht abschliessend beantwortet werden, was für das Teilprojekt 2 in den grössten Einzelbeitrag zur epistemischen Unsicherheit der Gefährdungsergebnisse führte. Die Abminderungsmodelle sind auf Referenzbedingungen bezogen, wie sie für Fels in einer tiefer gelegenen Bodenschicht gelten.

Teilprojekt 3: Bestimmung der Standorteinflüsse

Der Einfluss des Baugrundes auf die lokale Ausbreitung der Bodenerschütterung wurde in diesem Teilprojekt für jeden Standort spezifisch untersucht. Konkret wurde dabei der Verlauf der erdbebenbedingten Bodenbewegung durch die verschiedenen Bodenschichten unterhalb des Kernkraftwerkes (vom Referenz-Felsniveau bis zur Terrainoberfläche oder Foundation der Bauwerke) betrachtet. Im Projekt PEGASOS wurde Fels als diejenige Gesteinsabfolge definiert, welche eine Scherwellengeschwindigkeit von $> 2'000$ m/s aufweist, während die oberflächennahen Gesteins- und Lockergesteinsabfolgen mit einer Scherwellengeschwindigkeit $< 2'000$ m/s als "soil" bezeichnet werden. Die frequenzabhängige Verstärkung des seismischen Signales hängt vor allem von den Materialeigenschaften des Baugrundes und von den Scherwellengeschwindigkeiten in diesem "soil"-Bereich ab. Neue Daten wurden im PEGASOS-Projekt keine akquiriert; es wurde, mit wenigen Ausnahmen, weitgehend auf die in der Projektierungs- und Bauphase der bestehenden KKW ermittelten Materialkennwerte und geophysikalische Parameter abgestützt. Während sich die PEGASOS-Experten wegen der damals schon günstigen Datenlage auf ein einziges Scherwellengeschwindigkeitsprofil einigen konnten, wurden die Materialeigenschaften des Baugrundes ungünstiger beurteilt. Diese werden jetzt im Rahmen von PRP mittels verschiedener Feld- und Laboruntersuchungen ermittelt und als Grundlage für 1D-äquivalent-lineare und 1D-nicht-lineare Modellberechnungen der standortspezifischen Signalverstärkung verwendet. Es wurden zwei Sätze von nicht-linearen, generischen Materialeigenschaften als gewichtete Bestandteile des "logic tree" definiert, mit denen jeder Experte den Standorteffekt bestimmt und seine Einschätzung der epistemischen Unsicherheiten widert.

Teilprojekt 4: Berechnung der Erdbebengefährdung

Die in den drei ersten Teilprojekten zu einzelnen Aspekten der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse entwickelten und bewährten Modelle wurden im Teilprojekt 4 zu einem Gesamtmodell zusammengefügt. Das Gesamtmodell wurde numerisch ausgewertet und die sich daraus ergebenden Resultate inkl. der zugehörigen Unsicherheiten würden grafisch übersichtlich dargestellt.

Gefährdungskurven

Die Gefährdungskurven stellen Werte der Bodenbeschleunigung mit der entsprechenden jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit dar. Im Rahmen von PEGASOS wird die Bodenerschütterung in Abhängigkeit der Schwingungsfrequenz mit der sogenannten spektralen Beschleunigung definiert. Dabei wird der Frequenzbereich von 0.5 Hertz bis 100 Hertz ("peak ground acceleration", PGA) betrachtet.

Die Gefährdungskurven wurden für folgende vier Höhen im Bodenprofil berechnet: Referenzfelsniveau, Fundamentniveau des Reaktorgebäudes, Fundamentniveau der wichtigen Nebengebäude und Terrainoberfläche. Für die horizontale und vertikale Beschleunigungskomponente wurden separate Gefährdungskurven ermittelt. Alle Resultate sind im Band 2 des PEGASOS-Schlussberichtes (Nagra 2004) enthalten.

In Abbildung 3.6-15 ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit der Horizontalkomponente der Bodenbeschleunigung PGA an der Geländeoberfläche für den Standort KKG dargestellt. Zur Illustration kann aus der Abbildung beispielsweise abgelesen werden, dass für PGA in Gösgen, an der Oberfläche eine Horizontalbeschleunigung von 0.33 g mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} pro Jahr überschritten wird. Diese Beschleunigung ist der Medianwert einer Verteilung, mit der die Unsicherheit dieser Aussage dargestellt wird. Die Unsicherheitsverteilung (Streubreite der Ergebnisse aus statistischer Auswertung) wird durch die Median- und die 5 %-, 16 %, 84 %- und 95 %-Fraktilkurven dargestellt.

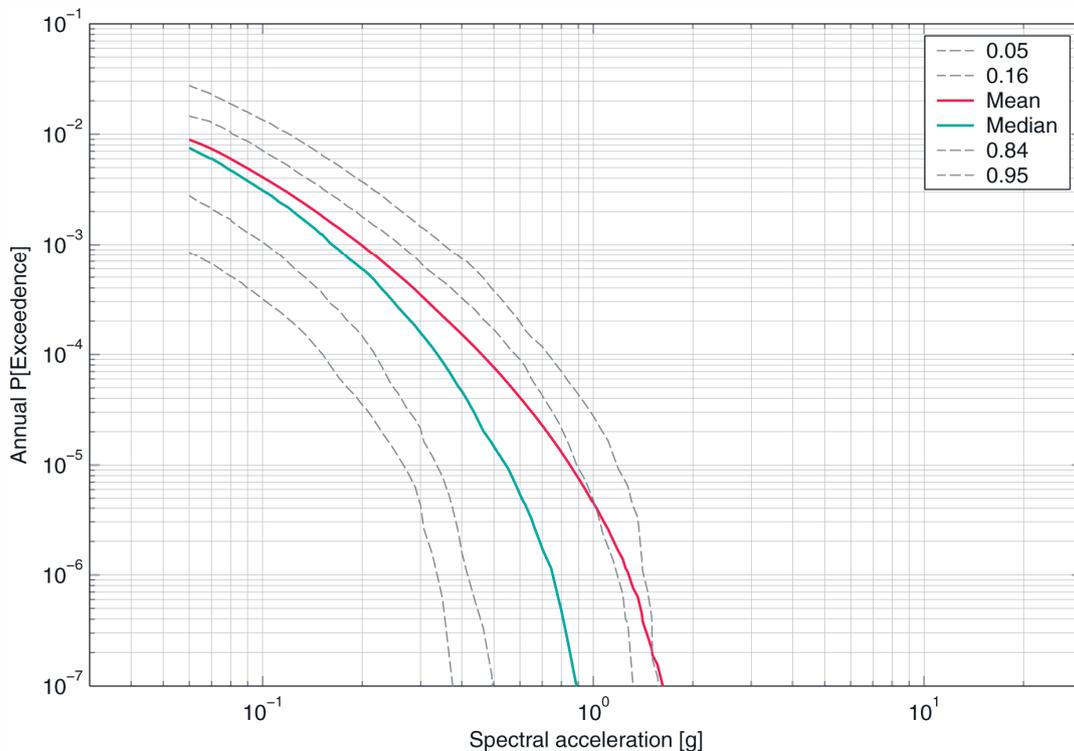


Abbildung 3.6-15 Gefährdungskurve für den Standort KKG. Horizontalkomponente der spektralen Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche. Darstellung der Unsicherheitsverteilung durch die Mittelwert-, die Median- und die 5 %, 16 %, 84 %- und 95 %-Fraktilkurven

Gefährdungsspektrum

Die Einheitsgefährdungsspektren bzw. gefährdungskonsistente Spektren ("uniform hazard spectra" UHS), sind eine zusammenfassende Darstellung der in den Gefährdungskurven enthaltenen Information für eine festgelegte Überschreitungswahrscheinlichkeit. In dieser Darstellung ist die Abhängigkeit der Bodenbeschleunigung von der Schwingungsfrequenz für eine festgelegte Überschreitungswahrscheinlichkeit der Bodenbeschleunigung erkennbar. Abbildung 3.6-16 zeigt das Einheitsgefährdungsspektrum (UHS) der horizontalen Komponente der Bodenbeschleunigung an der Oberfläche für den Standort KKG. Die Bodenerschütterung weist ihren stärksten Schwingungsanteil zwischen 2 und 20 Hertz auf.

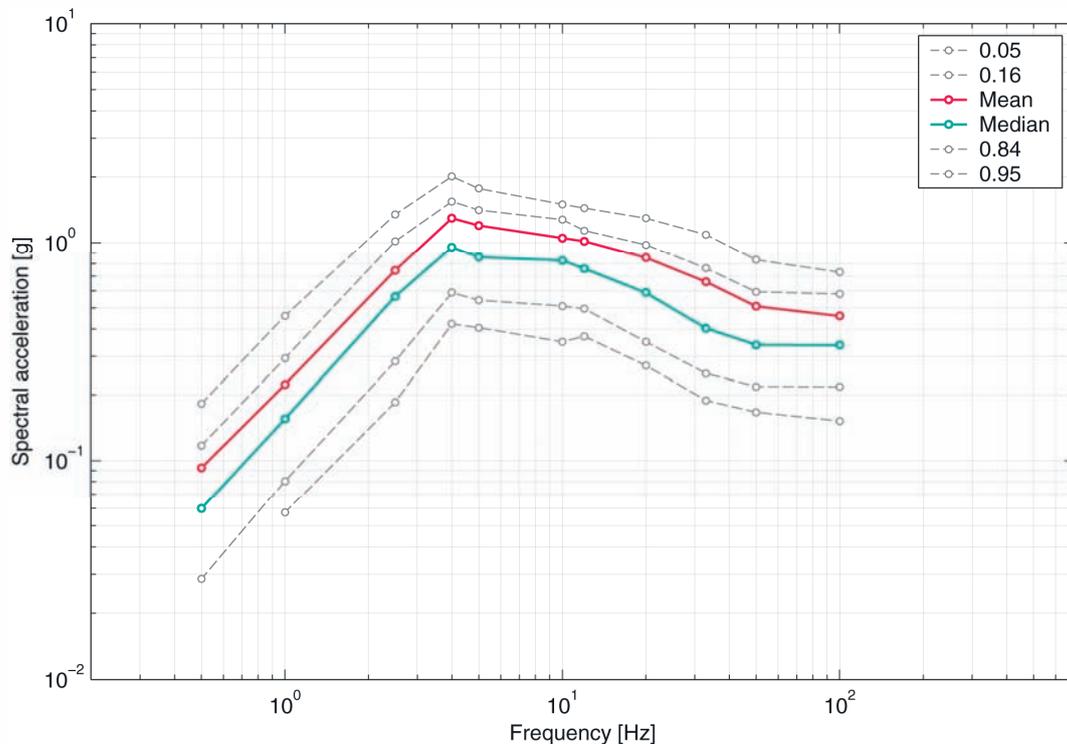


Abbildung 3.6-16 Einheitsgefährdungsspektrum für den Standort KKG. Horizontale Komponente der spektralen Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche in Abhängigkeit von der Frequenz für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ und bei 5 % Dämpfung

Deaggregation der Gefährdung

Bei der probabilistischen Gefährdungsanalyse (PSHA) werden mögliche Erdbeben über den gesamten ingenieurseismologisch relevanten Magnitudenbereich ($M_w > 5.0$) aus allen Entfernungen im Umkreis von bis zu 300 km mit berücksichtigt. Je nach der betrachteten Frequenz und Bodenbeschleunigung liefern diese Ereignisse unterschiedliche Beiträge zur seismischen Gefährdung eines gegebenen Standortes. Im Rahmen der Auswertung und Interpretation der Erdbebengefährdung im Projekt PEGASOS wurden die Resultate deaggregiert, d.h. die Gefährdung wurde in Teilbeiträge aufgeschlüsselt. Als Parameter wurden dabei die Magnitude des Erdbebens, die Distanz zwischen dem Erdbebenherd und dem Standort sowie ϵ , die Anzahl Standardabweichungen in der für jedes Magnitude-Distanz-Szenario definierten Verteilung der Bodenerschütterung betrachtet. Das Verfahren der Deaggregation lässt für eine gegebene Frequenz und Bodenbeschleunigung erkennen, welche spezifische Ereignisse oder Prozesse aus den untersuchten Modellkombinationen massgeblich zur standortspezifischen Gefährdung beitragen. Abbildung 3.6-17 zeigt die Deaggregation an einem Beispiel für den Standort KKG. Generell lässt sich festhalten, dass die standortnahen Erdbeben mit relativ kleinen Magnituden zwischen 5 und 6 die Gefährdung stärker bestimmen als weiter entfernte und seltene Starkbeben mit einer Magnitude grösser als 7. Diese Aussage für den Standort KKG ist konsistent mit der Feststellung von (Giardini et al. 2004) für die Nordschweiz zwischen Basel und Zürich.

Dies ist für eine ingenieurtechnische Beurteilung insofern eine bedeutsame Beobachtung, als die Schadenswirkung eines Erdbebens nicht nur von der maximalen Bodenbeschleunigung (PGA) und der Form des Gefährdungsspektrums, sondern auch von der Starkbebedauer der Bodenerschütterungen am Standort eines Gebäudes abhängt. Kleinere Erdbeben führen infolge des niedrigeren Energieinhalts (ein Unterschied von Eins in der Magnitude entspricht einem Faktor von ca. 30 in der freigesetzten Energie des Erdbebens) allgemein zu kürzer andauernden Bodenerschütterungen und haben, bei Unterstellung gleicher Bodenbeschleunigung und gleicher Spektrenform, eine geringere schädigende Wirkung als ein stärkeres Erdbeben. Bei tieferen Frequenzen und kleineren Beschleunigungen nehmen die Beiträge der weiter entfernten Quellen zu.

Der scheinbare Widerspruch zwischen den die Gefährdung dominierenden Magnituden und der Schlussfolgerung aus der Analyse des Störungskatalogs, dass nur wenige Störungen überhaupt im Stande sind, ein Beben mit $M > 5$ auszulösen (siehe Kapitel 3.6.2.4), lässt sich einfach erklären. Die Erdbeben, die die seismische Erschütterungsgefährdung prägen, ereignen sich - ähnlich wie die heute registrierte Mikroseismizität - in grösseren Tiefen (> 2 km) an Störungen, welche durch keine geologische oder geophysikalische Untersuchungsmethode explorierbar sind und deshalb in keinem Störungskatalog erfasst werden. Dennoch deuten die im Rahmen des PRP durchgeführten geologischen und seismologischen Untersuchungen (Kapitel 3.6.2.4) darauf hin, dass die im PEGASOS Projekt berücksichtigten standortnahen Oberflächen- oder Sockelstörungen gegenwärtig nicht aktiv und aufgrund ihrer Orientierung nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit aktivierbar sind.

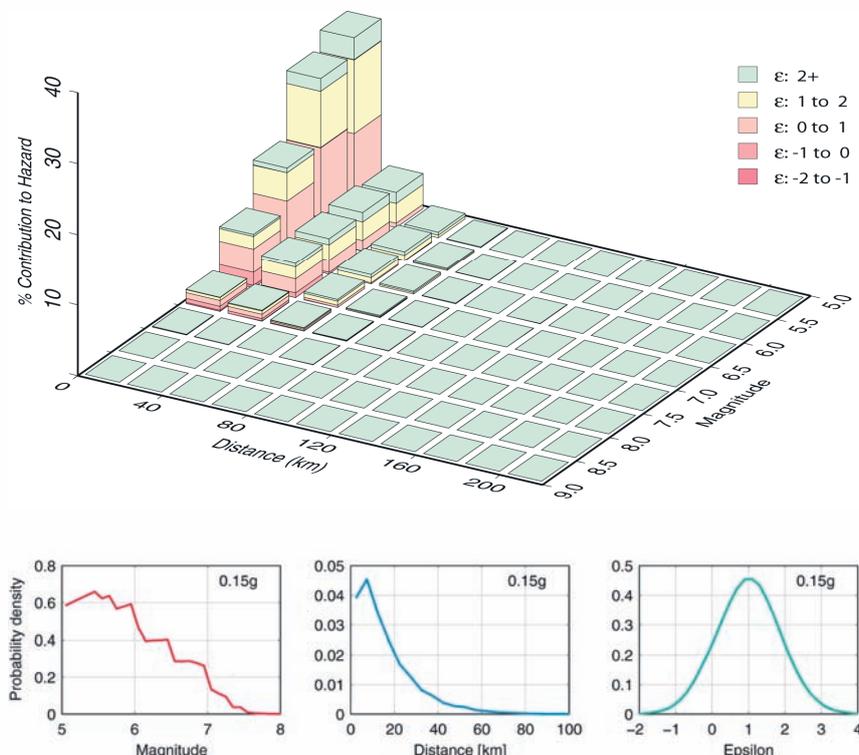


Abbildung 3.6-17 Deaggregation der mittleren Erdbebengefährdung für den Felshorizont am Standort KKN, für eine Horizontalbeschleunigung von 0.15 g und eine Frequenz von 100 Hz (PGA)

3.6.3.3 Beurteilung der PEGASOS-Studie durch die HSK

Die HSK hat das Projekt PEGASOS mit dem HSK Review Team von Beginn an begleitet und überprüft ("Participatory Review"). Zu den Aufgaben des HSK Review Teams gehörte es, die Workshops und Fachgespräche zu beobachten und anschliessend eigene Betrachtungen und Empfehlungen abzugeben.

Nach Meinung der HSK wurde mit dem Projekt PEGASOS die methodische Vorgabe, eine SSHAC-Level-4-Studie durchzuführen, erfüllt (HSK 2007). Vor allem durch die Erfassung der lokalen Standorteinflüsse und durch das innovative Qualitätssicherungssystem sind international neue Massstäbe gesetzt worden.

Die Ergebnisse des PEGASOS-Projektes wurden nach dem neusten internationalen Wissensstand ermittelt. Sie bieten derzeit aus Sicht der Aufsichtsbehörde die bestmögliche Grundlage, um die Erdbebengefährdung für die untersuchten Standorte der Schweizer KKW festzulegen.

Das HSK Review Team kam deshalb zu einer allgemein positiven Beurteilung des Projektes. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass die ausgewiesene Bandbreite der Unsicherheiten recht gross ist und durch weitere Untersuchungen reduziert werden könnte. Das beste Potential für eine rasche, bessere Erfassung der epistemischen Unsicherheiten wurde in den Abminderungsmodellen und in der standortspezifischen Verstärkung erkannt.

Aus diesem Grund wurde das "PEGASOS Refinement Projekt" PRP im Jahre 2008 ins Leben gerufen. Ziel des PRP ist es, die im PEGASOS-Projekt ausgewiesenen Unsicherheiten zu reduzieren. Einerseits soll die Datenbasis der empirischen Abminderungsbeziehungen erweitert und verbessert werden, u. a. durch die Bestimmung der Scherwellengeschwindigkeiten unter den Registrierstationen und durch die Berücksichtigung neuer Starkbebedaten. Dadurch erhofft man sich, dass es den Experten gelingt, neue, für die Schweiz optimierte Abminderungsmodelle mit kleineren Unsicherheiten zu entwickeln. Andererseits sollten neue, umfangreiche Feld- und Laboruntersuchungen an den KKW-Standorten eine besser abgestützte Datengrundlage für die Neuberechnung des Standorteffektes und damit für eine Reduzierung der Unsicherheiten in diesem Teilprojekt liefern.

Eine Serie von weiteren Verbesserungen soll diese beiden Schwerpunkte ergänzen. So soll der Erdbebenkatalog weiter verbessert werden, die einzelnen Teilprojekte sollen an den Schnittstellen mit den anderen Teilprojekten noch enger zusammenarbeiten und weitere Studien, wie die "Extended Source Simulations" (siehe Kapitel 3.6.4.4), sollen als unterstützende Begleituntersuchungen die Belastbarkeit der Expertenmodelle erhöhen.

3.6.4 Einschätzung der Erdbebengefährdung am Standort KKN

3.6.4.1 Kommentare zu PEGASOS und PEGASOS Refinement Projekt (PRP)

Das PEGASOS-Projekt hat alle möglichen seismischen und seismotektonischen Aktivierungsszenarien untersucht und gewichtet, die für die Ermittlung der Erschütterungsgefährdung durch Erdbeben an KKW-Standorten massgeblich sind. Mit dem Nachfolgeprojekt PRP sollen die bestehenden Unsicherheiten im Bereich der Abminderung und der standortspezifischen Einflüsse reduziert werden.

PEGASOS und PRP bilden mit ihrer jeweils aufdatierten Datenbasis und den umfangreichen, den neusten Kenntnisstand berücksichtigenden Auswertungen eine Grundlage, die weit über den zurzeit auch bei Kernkraftwerken üblichen Untersuchungsaufwand hinausgeht. Die Resultate dieser Studie werden als Grundlage für die seismische Beurteilung des Standortes KKN beigezogen.

Aus den neuen Standort-Untersuchungen (Interoil 2009) ist zudem ersichtlich, dass die beiden Standorte KKG und KKN praktisch den gleichen geologischen Aufbau aufweisen, sowohl was die Tiefe der wichtigen geologischen Grenzen betrifft, als auch in Bezug auf die Lithologie und damit auf die Scherwellengeschwindigkeiten im Untergrund. Auch die ermittelten geotechnischen Kennwerte aus den beiden Standorten lassen sich kaum unterscheiden. Dies bedeutet, dass die statischen und die dynamischen Eigenschaften der KKG- und KKN-Standorte nahezu identisch sind. Den neuen PRP-Berechnungen werden aber vermutlich neue, von den PRP-Experten erarbeitete Eingabedaten zu Grunde gelegt.

Bis zur Vorbereitung des Baugesuches ist davon auszugehen, dass die PRP-Ergebnisse vorliegen. Bis dann können die PEGASOS-Resultate als Arbeitsbasis auf den neuen Standort übertragen werden.

3.6.4.2 Gefährdungspotential der Fribourg-Zone

Die **Fribourg-Struktur** ist eine Synklinale, die sich von der Subalpinen Molasse südlich Fribourg bis östlich des Murtensees erstreckt. Sie wird v. a. an ihrem östlichen Rand durch eine Reihe von subvertikalen Störungen mit geringer Ausdehnung charakterisiert. Diese Brüche, die teilweise auch die Molasse versetzen, sind auf das Deckgebirge beschränkt. Die Reflexionsseismik liefert keine Hinweise dafür, dass sie auch das Grundgebirge versetzen würden.

Der Begriff **Fribourg-Zone** stammt von Studien über die Lokalisierung von Erdbebenschwärmen, deren Epizentren auf einer geraden, Nord-Süd streichenden Linie, fast perlschnurartig aneinander gereiht sind (siehe z. B. Abbildung 3.6-12).

Durch die Publikation von (Kastrup et al. 2007) kam die Frage auf, inwiefern die aktive Fribourg-Störungszone die Erdbebengefährdung am Standort KKN beeinflussen kann. Um dies zu beurteilen, wurde die seismotektonische Situation der Fribourg-Zone analysiert und anschliessend eine Abschätzung der maximalen Bodenbeschleunigung vorgenommen, die als Folge des stärksten möglichen Erdbebens an der Fribourg-Zone am KKN-Standort registriert werden könnte (AF-Colenco 2009f).

Das in (AF-Colenco 2009f) mittels eines breit akzeptierten Abminderungsmodells (Ambraseys et al. 2005) berechnete Spektrum zeigt, dass das mit einer allfälligen 20 - 30 km langen Fribourg-Störung verbundene Erdbebenszenarium nur zu einer geringen Bodenbeschleunigung am Standort führt. Die maximale Spitzenbodenbeschleunigung liegt für das konservative Szenarium (Median +1 σ) bei 50 Hertz im Bereich unterhalb von 0.04 g. Dies ist durch die grosse Entfernung zwischen der Fribourg-Zone und dem Standort bedingt.

3.6.4.3 Gefährdung durch "Surface Faulting"

Unter dem Phänomen "*Surface Faulting*" werden permanente Veränderungen (Deformationen) der Geländeoberfläche aufgrund von differenziellen Bewegungen an seismisch aktivierten Störungen verstanden (z. B. IAEA 2002, IAEA 2003). Im Hinblick auf eine Gefährdung setzt dies ein diskretes tektonisches Lineament voraus, welches direkt durch den Grundriss der Anlage verläuft und bei einer Reaktivierung zu einem Versatz der Oberfläche mit entsprechenden Schäden an Gebäuden und Anlagen führen könnte. Um die Gefährdung durch tektonisch bedingte Oberflächenverstellungen unter dem Grundriss der neuen Anlage abzuklären, wurden in Kapitel 3.6.2.4 gemäss den IAEA-Richtlinien alle bekannten tektonischen Strukturen im Umkreis von 25 km in einem Katalog erfasst und in Bezug auf ihre seismische Aktivität und relative Lage zum Standort beurteilt (siehe AF-Colenco 2009f, Beilagen 1 - 4). Jeder Struktur wurde die maximal mögliche Magnitude zugewiesen, welche die grösstmögliche seismische Kapazität der Störung repräsentiert (KKG 2009b). Aus der Beurteilung kann gefolgert werden, dass keine der Oberflächen- oder Sockelstrukturen aufgrund der Orientierung und Grösse der Bruchfläche ein derart grosses Erdbeben auslösen kann, welches für den Standort KKN eine Gefährdung durch "*Surface Faulting*" darstellen könnte. Mit anderen Worten, keine der identifizierten Strukturen besitzt das Potential (*capability*), permanente Oberflächenverstellungen am Standort zu bewirken.

Im Standortgebiet sind keine oberflächennahen oder oberflächlichen Evidenzen für postglaziale tektonische Bewegungen bekannt. Die nächstgelegene bekannte Zone mit neotektonischer Aktivität befindet sich im Bereich des Ostrand des Oberrheingraben und seiner Randzonen.

3.6.4.4 "Extended Source Simulations" (ESSs)

Bei einer probabilistischen Gefährdungsanalyse werden Erdbeben in einer unzähligen Kombination von Magnituden, Bruchmechanismen und -orientierungen, Entfernungen und Herdtiefen berücksichtigt. Die Quantifizierung der Erschütterungsamplitude am Standort basiert dabei auf einem einfachen Modell der Herdquelle. Bei mittelstarken bis starken Erdbeben in Standortnähe kann diese recht grobe Modellierung des Herdvorganges allzu vereinfachend wirken: Die genauen Ge-

gebenheiten des Bruchvorganges (Bruchgeschwindigkeit, Stress Drop, Slip- bzw. Verschiebungsverteilungen, etc.) beginnen eine Rolle zu spielen. Man spricht von "finite source effects".

Weil bei den zugrundeliegenden Erdbeben-Datensätzen der meisten empirischen Abminderungsmodelle die starken Beben in kleinen Entfernungen oft untervertreten sind, wird die Gültigkeit dieser Modelle in diesem Distanz- und Magnitudenbereich kritisch beurteilt. Als Alternative versucht man, den Bruchvorgang für solche Erdbeben analytisch zu modellieren und die resultierende Wirkung am Standort zu quantifizieren. Das Problem dabei ist, dass die Kenntnisse der Schlüsselparameter, die den Herdvorgang kontrollieren, immer noch zu mangelhaft sind. Entsprechend schwierig ist es, die Annahmen auf der Eingabeseite dieser 'Extended Source Simulation' (ESSs) zu verifizieren. Deshalb werden bei starken Diskrepanzen zwischen den Vorhersagen der ESSs und der traditionellen empirischen Modelle nach wie vor eher die letzteren als die zuverlässigere Methode betrachtet.

Dennoch wurden im PEGASOS-Projekt ESSs durchgeführt, einerseits, um die Grenzen der maximalen, physikalisch noch plausiblen Bodenerschütterungen auszuloten und andererseits, um die Gültigkeit der Vorhersage der empirischen Modelle in Standortnähe zu überprüfen. Für diese zweiten Berechnungen wurden verschiedene Erdbeben der Magnitude 6.5 mit unterschiedlichen Bruchmechanismen im Nahfeld (1 bis 25 km Entfernung, breite azimutale Verteilung) analytisch modelliert (Priolo et al. 2003). Dabei wurden die bruchdynamischen und die Übertragungsparameter in vielen verschiedenen Variationen kombiniert. Diese numerischen Simulationen zeigten, dass die Ergebnisse massgebend von einzelnen Eingabeparametern abhängen, über die man noch zu wenig weiss. Deshalb bleibt die direkte Verwendung absoluter ESS-Resultate vorerst noch problematisch. Die normalisierten Resultate (bei denen die ESS-Beschleunigungswerte in grösserer Entfernung mit den dort gut abgestützten empirischen Modellen in Übereinstimmung gebracht werden) bestätigten dagegen die Form der empirischen Abminderungskurven in Standortnähe (Roth 2003). Die Simulationen sind zudem wertvoll, um die Bedeutung einzelner 'extended source' Effekte im Nahbereich einer Störungsquelle abzuschätzen.

Das PRP sieht vor, weitere numerische ESSs am Schweizerischen Erdbebendienst durchzuführen. Dadurch sollen die neu zu entwickelnden Abminderungsmodelle in Bruchnähe getestet werden, da gemäss den PEGASOS-Deaggregationsresultaten die grösseren Erdbeben in kleinen Abständen zwischen Bruch und Standort am meisten zur seismischen Gefährdung beitragen.

3.6.4.5 Schwachbebennetz

Mit der Analyse von Erdbeben können Aussagen über rezent aktive Störungszonen, Herdmechanismen und das rezente Spannungsfeld getroffen werden. Die Aussagekraft einer solchen Analyse hängt jedoch von der Anzahl und Lokalisierungsgenauigkeit der erfassten Erdbeben ab. Damit in einem Gebiet mit geringer Seismizität genügend Daten für eine Auswertung zur Verfügung stehen, müssen auch Erdbeben kleiner Magnitude erfasst werden können. Dies kann durch Erhöhung der Stationsdichte erreicht werden. Die Nagra, die an den oben erwähnten Daten besonders interessiert war, liess daher im Jahre 1983 in der zentralen Nordschweiz ein modernes Schwachbebennetz mit neun Stationen installieren (Mayer-Rosa et al. 1984). Mithilfe dieses Netzes und des bestehenden Stationsnetzes des Schweizerischen Erdbebendienstes war es möglich, auch Erdbeben sehr kleiner Magnitude ($M < 1.0$) zu erfassen und gleichzeitig die Lokalisierungsgenauigkeit we-

sentlich zu verbessern (Deichmann & Renggli 1984). Im Jahre 2004 erstellte die Nagra im Gebiet des Zürcher Weinlandes ein weiteres Netz mit vier Stationen (Deichmann & Rinderknecht 2005).

Die Erdbebenaktivität und die Resultate der Analysen wurden in den folgenden Nagra Technischen Berichten publiziert: (Deichmann & Renggli 1984, Deichmann 1987, Deichmann 1990, Deichmann et al. 2000).

Zur Erfassung auch geringer Seismizität ist die Erstellung eines Schwachbebennetzes in einem Radius von 10 km um den Standort KKN vorgesehen. Basierend auf den langjährigen Erfahrungen der Nagra mit Aufbau und Betrieb würde ein solches Netz drei bis fünf Stationen erfordern, um auch sehr schwache Beben ($M < 1.0$) erfassen zu können.

KKN beabsichtigt, die Realisierung des Schwachbebennetzes im Herbst 2009 in Angriff zu nehmen. Die Bestrebungen werden durch die Nagra koordiniert und geleitet. Die Resultate der Untersuchungen werden in einem späteren Zeitpunkt in die periodischen Sicherheitsüberprüfungen während des Betriebes von KKN einfließen.

3.6.4.6 Zusammenfassende Bewertung der Erdbebengefährdung

Aus dem obigen Sachverhalt folgt, dass die Erdbebengefährdung am Standort durch Bodenerschütterungen und seismisch induzierte differenzielle Bewegungen entlang von Störungen als gut bekannt und gering einzustufen ist. Die in der Standortumgebung beobachteten und mutmasslichen Strukturen in explorierbaren Tiefen von weniger als ca. 3 Kilometern besitzen alle nur eine begrenzte Ausdehnung und können nach (Wells & Coppersmith 1994) nur ein Erdbeben geringer Magnitude auslösen. Ausserdem ist keine der Strukturen derart orientiert, dass sie - selbst bei einem hypothetischen Aufreissen der Bruchfläche bis auf die Geländeoberfläche - den Grundriss der geplanten Anlage tangieren würde. Signifikante Strukturen wie die Fribourg-Zone liegen in grosser Entfernung und haben somit ebenfalls nur ein geringes seismisches Gefährdungspotential für den Standort. Für die nicht explorierbaren Störungen in der tieferen Erdkruste liefern die PEGASOS-Modelle und die darauf basierenden Resultate weiterhin eine Grundlage, die bis zur Freigabe der PRP-Resultate Gültigkeit hat.

Das Standortgebiet zeichnet sich durch geringe Seismizität aus. Um möglichst viele, auch sehr schwache Erdbeben möglichst genau zu lokalisieren und dadurch die seismotektonische Charakterisierung des Standortgebietes zu ergänzen, ist die Erstellung eines Schwachbebennetzes im Umkreis von 10 km um den Standort vorgesehen.

3.6.5 Lokale geologische Betrachtungen und Wertung

3.6.5.1 Strukturen im Standortgebiet und ihre seismotektonische Gewichtung

Beobachtete Strukturen

Die zentrale Nordschweiz wurde durch reflexionsseismische Messungen der Nagra in den 80er Jahren untersucht. Die reflexionsseismischen Daten wurden verschiedentlich durch unterschiedliche Bearbeiter interpretiert. Eine der Messlinien, die N-S streichende Falllinie 83-NF-06 (vgl. Abbildung 3.6-4B) verläuft ca. 200 m östlich des Standortes, und die W-E verlaufende Streichlinie 83-NS-22 ca. 2 km südlich davon (Abbildung 3.6-4A). Von diesen Linien liegen mehrere Interpretationen vor (Diebold et al. 1991, Nagra 2005, Nagra 2008), die sich jedoch nicht wesentlich unterscheiden. Sie zeigen im Standortgebiet eine weitgehend ruhige Lagerung der Schichten im Untergrund bis zum Permokarbondrog.

Tektonisch gesehen zeigt die Aare-Synklinale einen relativ einfachen Bau. Das Deckgebirge steigt nördlich der Synklinalachse konform zum Sockel gegen den Südschenkel der Hauensteinkette an. Der Synklinalschenkel wird nur durch kleinere Flexuren und Überschiebungen gestört.

Eine solche Flexur bzw. Überschiebung ist in der Talflanke bei Niedergösgen zu beobachten (Abbildung 3.6-4B). Gemäss (Schmassmann 1994) und (Jordan 2007) stellt diese Struktur den westlichsten Ausläufer der Niedergösgen-Schönenwerd-Eppenberg-Flexur dar. Diese Struktur kann somit als eine synorogene, an der Basis der Effinger Schichten abgescherte Kofferfalte interpretiert werden. Die steilstehenden Malmkalke von Gösgen und Schönenwerd stellen deren Südflanke dar (Amsler 1915). Die Niedergösgen-Schönenwerd-Eppenberg-Flexur ist eine begrenzte Struktur, die sich von Osten von Roggehuse über Eppenberg nach Niedergösgen verfolgen lässt und, wie erwähnt, auch noch im Profil 83-NF-06 (Abbildung 3.6-4B) zu erkennen ist.

Im Rahmen der Standortuntersuchungen für das PEGASOS Refinement Projekt konnte nachgewiesen werden, dass die im Profil 83-NF-06 (Abbildung 3.6-4B) südlich der Eppenberg-Flexur dargestellte Rückaufschiebung im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden ist.

Aus der Karte "Geologische Übersicht der Born-Engelberg-Antiklinale" nach (Bitterli 1979) ist ersichtlich, dass in der Gegend von Dulliken zwei SW-NE streichende, von Überschiebungen getrennte Kleinfalten vorliegen, deren Ausdehnungen jedoch begrenzt sind (< 2 km). Im Störungskatalog (AF-Colenco 2009f, Beilage 1) sind sie als lokale Störungen Nr. 298 und 299 erfasst.

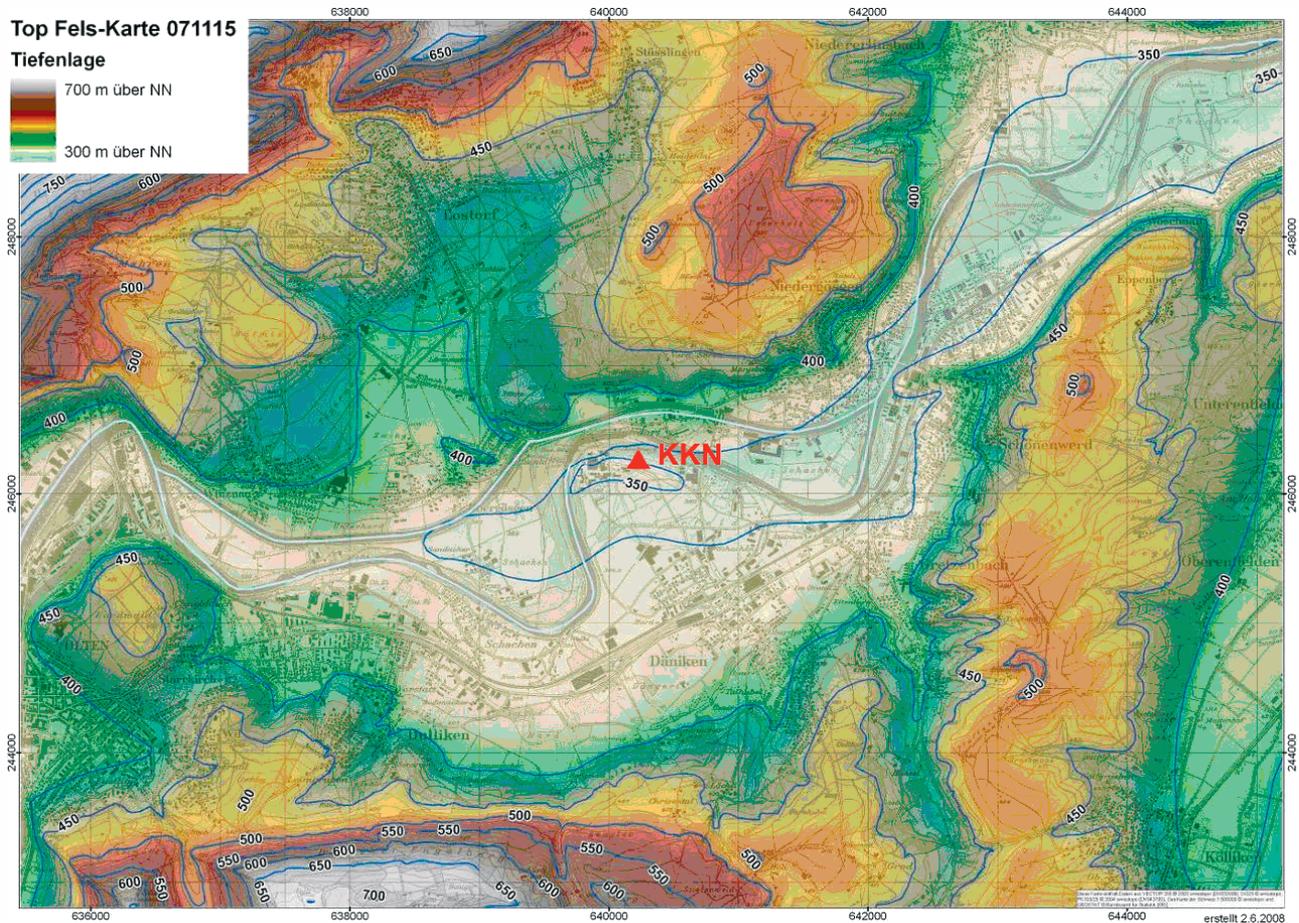


Abbildung 3.6-18 Felsisohypsenkarte aus der Standortregion (Jordan 2007)

Die Felsisohypsenkarte bzw. das "Digitale Höhenmodell Basis Quartär" wurde aufgrund aller zur Verfügung stehenden Bohrdaten, geologischen Karten und Kartierungen erstellt (Jordan 2007). Die Karte in Abbildung 3.6-18 zeigt, dass das Aaretal zwischen Dulliken und Schönenwerd breit angelegt ist und einen ruhigen Verlauf aufweist. Die erwähnten Strukturen, die Niedergösgen-Schönenwerd-Eppenbergs-Flexur und die zwei SW-NE streichende Kleinfalten, sind auch in der Felsisohypsenkarte erkennbar. Die erstere ist sehr deutlich bei Schönenwerd ersichtlich, als eine nach Westen in Richtung der steilstehenden Malmkalke bei Gösgen ausgerichtete nasenartige Struktur. Auch die beiden von Überschiebungen getrennten Kleinfalten lassen sich aus der Topografie bei Dulliken erkennen.

Froburg-Linie

Nach (Laubscher 2008) zerbrachen der Tafeljura und die Dinkelbergscholle als Teil des Oberrheingrabensystemes im Obereozän-Unteroligozän in ein Feld von Abschiebungen unterschiedlichen Tiefganges. Es handelt sich vor allem um schmale Gräben, die lokal auf den Triasevaporiten abgeschert wurden. Die Grabenzonen streichen im Tafeljura meist NNE und besitzen für wenige Kilometer einen dominanten Randbruch, gewöhnlich am Ostrand. Die Gräben des Tafelju-

ras setzten sich nach (Laubscher 2008) unter dem Faltenjura nach Süden fort. Sie wurden jedoch durch die Bildung des Faltenjuras stark überprägt.

Der über dem Abscherhorizont liegende Teil der Strukturen wurde beim Jurafernschub transportiert und in eine allochthone Lage verfrachtet.

Nach (Laubscher 2008) lässt sich die allochthone Spur der Froburg-Struktur in eine autochthone Position zurückverfolgen. Ihr vermutlicher Verlauf würde sich von Riken (Murgenthal) in Richtung Aarburg nach Wil erstrecken. Sie würde südlich des Aaretales enden und hätte eine Länge von maximal 10 km.

Zur Abklärung der möglichen ursprünglichen Lage der Froburg-Struktur wurden alle reflexionsseismischen Linien und geologischen Kartierungen konsultiert. Aufgrund der Datengrundlage kann Folgendes festgehalten werden (AF-Colenco 2009f):

- In der reflexionsseismischen Falllinie 83-NF-02 wurde in der Gegend von Riken kein Versatz der Basis Mesozoikum registriert (Diebold et al. 1991, Nagra 2008).
- In der Streichlinie 83-NS-22 interpretierte (Diebold et al. 1991) zwischen Dulliken und Olten zwei westvergente Abschiebungen mit einem Versatz von maximal ca. 50 m.
- (Nagra 2008) sieht an der gleichen Stelle keinen Versatz der Basis Mesozoikum (Abbildung 3.6-4A).
- (Bitterli 1979) hat zwischen Dulliken und Wil zwei NE streichende Störungen von 2 bis 3 km Länge kartiert.

Die einzigen Strukturen, die der von (Laubscher 2008) angegebenen autochthonen Position der Froburg-Struktur entsprechen könnten, sind die beiden westvergenten Abschiebungen zwischen Dulliken und Olten, welche die Basis Mesozoikum versetzten. Diese Strukturen finden sich jedoch nur in der Interpretation von (Diebold et al. 1991). Es müsste sich um eine eher begrenzte Strukturzone von wenigen Kilometern Ausdehnung handeln, die nach (Wells & Coppersmith 1994) nur ein Erdbeben geringer Magnitude auslösen könnte und somit eine geringe seismotektonische Bedeutung hat. Zudem wäre sie im Alttertiär angelegt und zumindest seit Beginn der Juraüberschiebung nicht mehr aktiv gewesen, denn sonst müssten junge Versetzungen im überschobenen Deckgebirge erkennbar sein.

3.6.5.2 Diskussion der Störungen am Standort

Die Baugrund- und PRP-Untersuchungen an den benachbarten Standorten KKG und KKN (1970 - 1974, 2007 - 2009) liefern eine umfangreiche Datenbasis, die nunmehr auf etwa 50 Bohrungen aufbaut (Abbildung 3.6-1, siehe auch AF-Colenco 2009f, Beilage 5) Von diesen wurden die 347 m tiefe SB2 als Schlagspülbohrung und die anderen als Kernbohrungen ausgeführt. Trotz des umfangreichen Kernmaterials konnte keine einzige Störung direkt nachgewiesen werden.

Im Verlauf der Untersuchungen in den 70er Jahren wurden drei kleinere Störungen (Versetzungsbetrag < 5 m) unter dem KKG-Gelände postuliert. Eine direkte Beobachtung einer Störung im Bohrbefund lag nicht vor. Die Verwerfungen wurden anhand von beobachteten Höhenunterschieden zwischen benachbarten Bohrungen eines Leithorizontes im oberen Teil des Effingen-Members, einer auffallend rot gefärbten Mergelschicht, konstruiert. Der unbestimmte Charakter dieser Störungen ist daran erkennbar, dass die Lage und die Richtung der eingetragenen Strukturen auf unterschiedliche Weise interpretiert wurden (AF-Colenco 2009h). Keine einzige Bohrung unter dem KKG hat je eine tektonische Störung angefahren. Allerdings ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass eine steile Störung durch vertikale Bohrungen getroffen wird, aus geometrischen Gründen entsprechend klein.

Zur Bedeutung der drei vermeintlichen KKG-Störungen wurde Anfangs der 70iger Jahre festgehalten, dass "sie absolut inaktiv und ohne jede seismische Bedeutung sind; die jüngeren Schichten, die darüber liegen, lassen keine Verstellung irgendwelcher Art erkennen" (AF-Colenco 2009h). Tatsächlich ist eine Identifizierung von tektonisch bedingten Schichtstörungen im darüber liegenden Malmkalken kaum nachweisbar. Die Oberfläche der Malmkalke (Crenularis-Member) ist eine alte Erosionsfläche, die während des Alttertiärs frei lag. Das Erosionsrelief weist Unebenheiten mit Amplituden bis zu 10 m auf; diese lassen aber keine Rückschlüsse auf tektonische Bewegungen zu. Da die Seismik eine Detektierbarkeit von > 10 m aufweist, muss dennoch in den spröden Schichtpaketen des Oberen Malms mit kleineren Bruchstrukturen gerechnet werden. Im Untersuchungsgebiet KKG/KKN, wo insgesamt bis heute etwa 50 Kernbohrungen abgeteuft wurden, kann man aufgrund der Kernbohrauswertungen ausschliessen, dass Störungen mit einem Schichtversatz von > 5 m vorliegen (siehe Isohypsenkarten in AF-Colenco 2009f, Beilagen 6 und 7).

Die im Rahmen des Projektes KKN durchgeführten Bohrungen KB1 - KB6 wurden alle gekernt und detailliert beschrieben (Interoil 2009). Die strukturelle Analyse der Kerne zeigte nur Haarrisse, Klüfte und wenige Harnische. Keine dieser Bohrungen durchteufte eine eigentliche Störung.

Aufgrund der seismischen Erkundung (GeoExpert 2008) wurde beim Standort KB5 eine grössere Störung vermutet, weshalb diese Bohrung gezielt auf diesem Standort angesetzt wurde. Es wurde jedoch keine Störung angetroffen, dafür ein ca. 18 m mächtiger Karstschlot, der vollständig mit eozänen Verwitterungssedimenten (vorwiegend Bolustone, wahrscheinlich Kaolinit) verfüllt war. Diese mächtige, verdichtete Füllung zeigt bei den geophysikalischen Daten eine Abbildung ähnlich einer tektonischen Störung.

Zur Abklärung von Ausdehnung und Charakter des Karstschlots wurde 7 m nördlich der Bohrung KB5 die Bohrung KB5a angesetzt. Aufgrund der ersten Auswertungen der reflexionsseismischen Linien 08 KKG-P5 und 07 GÖSG-4 (Abbildung 3.6-1) wurde zudem unter dem Standort der Bohrung KB5a eine kleine Störung (Aufschiebung) in einer Tiefe von 115 - 125 m vermutet, die der westlichen Fortsetzung der Rücküberschiebung im Nagra-Profil 83-NF-06 (siehe Abbildung 3.6-4B) entsprechen würde. Um diese mögliche Struktur sicher zu erfassen, wurde die Bohrung KB5a auf 156 m abgeteuft. Die Bohrkerns zeigten jedoch nicht den geringsten Hinweis auf eine Störung.

In (AF-Colenco 2009f, Beilagen 6 und 7) sind die Isohypsenkarten Basis Quartär und Top Effingen-Member dargestellt. Diese stützen sich auf alle verfügbaren Bohrdaten, darunter insbesondere auch die neuesten PRP Bohrungen für KKG und KKN (Interoil 2009).

Die Isohypsenkarten zeigen, dass im Untersuchungsgebiet KKG/KKN keine grösseren Störungen vorhanden sind. Auch die geophysikalischen Bohrlog-Aufnahmen liefern keine Hinweise auf grössere Strukturen im Untergrund des Untersuchungsgebietes Gösigen/Niederamt. Die Auswertungen der reflexionsseismischen Daten (Interoil 2009, Naef 2009) ergeben ebenfalls keine Anzeichen für grössere Diskontinuitäten. Die Seismik kann allerdings nur Strukturen auflösen, deren Versatz mehr als 10 m beträgt. Deshalb können zwischen den Bohrungen einzelne kleinere Verwerfungen nicht ausgeschlossen werden.

Fazit: Trotz der grossen Zahl von Bohrungen wurden durch direkte Beobachtung (Bohrkerne, Bohrloch-Logging) keine Hinweise auf Störzonen im Untergrund von KKG und KKN gefunden. Generell wurde in den spröden Kalken des Crenularis- und Geissberg-Members, die im Gebiet des Juras übliche Zerklüftung des Gesteins mit teilweiser Verkarstung angetroffen. Die Bohrkerne des darunterliegenden mergeligen Effingen-Members sind absolut ungestört.

Die Darstellungen der Felsoberfläche (Basis Quartär, AF-Colenco 2009f, Beilage 6) zeigen keine Diskontinuitäten (> 5m), abgesehen von einem unebenen Erosionsrelief.

3.6.5.3 Beschreibung der Karstphänomene

Allgemeine Aussagen zur Siderolithikum/Bohnerz-Formation

In der Sedimentabfolge des Nordschweizer Deckgebirges besteht eine grosse Sedimentlücke, die etwa den Zeitraum zwischen dem mittleren Malm und dem mittleren Eozän umfasst (ca. 140 - 45 Millionen Jahre). Ablagerungen der Kreide sind heute nur südwestlich einer Linie Biel - Besançon und in den Alpen erhalten. Es gibt Hinweise, dass auch in der Nordschweiz vor der Tertiärzeit ca. 500 m Sedimente (Oberer Malm, Kreide) abgelagert wurden, die dann vor der Ablagerung der ältesten Molassesedimente wieder flächenhaft erodiert wurden. Während dieser spätkretazischen - alttertiären Hebungs- und Erosionsphase wurden auch die jüngsten Formationen des oberen Malms teilweise abgetragen. Während dieser Hebungs- und Erosionsphase herrschten warme Klimabedingungen bei wechselnder Feuchtigkeit. Die Kalksteine der Kreide und des Oberen Malms verwitterten zu lateritischen Böden in einer Karstlandschaft mit Karren, Spalten, Schloten und Höhlen. Darin reicherten sich die aufgearbeiteten Produkte der Pedogenese (Kaolinit, Eisenkonkretionen) und der unlösliche Rückstand der gelösten Karbonate in Form von Boluston, Quarzsand und Bohnerz an.

Die Bohnerz-Formation (Siderolithikum) besteht aus den folgenden Ablagerungen:

- Bolustone, die sich durch einen hohen Kaolinitgehalt und eine intensive rote, violette, braungelbe und zuweilen auch grüne Farbe auszeichnen.
- Bohnerz, das in Form schaliger Brauneisenkonkretionen (meist Goethit und Limonit) häufig dem Boluston beigemischt ist.
- Quarzsande oder Huppererden, die meist kalkfreie, lokale etwas tonige Flusssande darstellen.

Verhältnisse am Standort

Die erbohrten Sedimentvorkommen der Bohnerz-Formation wurden für alle Bohrungen der Untersuchungsphase KKG (1970/1972) und PRP (2008 - 2009) in der Isohypsenkarte Basis Quartär zusammenfassend dargestellt (AF-Colenco 2009f, Beilage 6). Für eine schematische Darstellung der stratigraphischen Verhältnisse am Standort wird auf Abbildung 3.6-21 verwiesen. Relikte der auf der Malmoberfläche abgelagerten Bohnerzformation wurden nur in der Bohrung KB0 und in den KKG-Bohrungen 103, 214 und 222 angetroffen. Die Mächtigkeit variiert zwischen 1.6 m in der Bohrung 103 und > 8.3 m in der Bohrung KB0.

In etwa der Hälfte aller Bohrungen im Untersuchungsgebiet KKG/KKN finden sich Restablagerungen der Bohnerz-Formation innerhalb von Spalten, Schloten und Karsthöhlen der Malmkalke (Abbildung 3.6-21). Die tongefüllten Karstabschnitte sind aus geophysikalischen Log-Korrelationen zwischen den Bohrungen deutlich erkennbar (AF-Colenco 2009f, Beilage 8). Die Bohnerz-Formation, hier vor allem Bolustone (Kaolinit) ist in diesen Karstformen kompakt und dicht gelagert. Eigentliche offene Hohlräume wurden keine gefunden.

3.6.5.4 Bewertung der lokalen Standortverhältnisse

Der Standort liegt in einem seismotektonisch ruhigen Gebiet. Die beobachteten und vermuteten Strukturen in der Region Niederamt wurden auf ihre seismotektonische Bedeutung analysiert. Bei den beobachteten Strukturen - die Niedergösgen-Schönenwerd-Eppenbergs-Flexur und zwei SW-NE streichende, von Überschiebungen getrennte Kleinfalten in der Gegend von Dulliken - handelt es sich um lokale Störungen von begrenzter Ausdehnung. Die einzigen Strukturen, die der von (Laubscher 2008) angegebenen autochthonen Position der Frobürg-Struktur entsprechen könnten, sind zwei von (Diebold et al. 1991) interpretierte westvergente Abschiebungen zwischen Dulliken und Olten.

Es müsste sich um eine eher begrenzte Strukturzone von wenigen Kilometern Ausdehnung handeln. Ferner muss im Niederamt in den spröden Schichtpaketen des Oberen Malms mit kleineren steilstehenden Bruchstrukturen gerechnet werden. Die Grösse der nicht detektierbaren Störungen liegt im Bereich von < 5 m Versatz. Aus der Isohypsenkarte Basis Quartär (AF-Colenco 2009f, Beilage 6) lassen sich am Standort keine Strukturen mit einem Versatz von > 5 m ableiten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass alle beobachteten und mutmasslichen Strukturen im Standortgebiet eine begrenzte Ausdehnung aufweisen und nach (Wells & Coppersmith 1994) nur ein Erdbeben geringer Magnitude auslösen könnten. Somit haben sie nur eine geringe seismotektonische Bedeutung.

Bei mehreren Bohrungen wurden am Standort Ablagerungen der Bohnerz-Formation in Karren, Spalten und Karstschloten angetroffen. Diese waren ausnahmslos verfüllt mit kompakt gelagerten Sedimenten der Bohnerz-Formation. Offene Hohlräume wurden keine angetroffen.

3.6.6 Baugrundverhältnisse am Standort

3.6.6.1 Allgemein

Das Projektareal am Standort KKN umfasst das Gelände des Hauptareales rechtsufrig der Alten Aare, das südlich angrenzende Teilareal Süd und das Teilareal Nord linksufrig der Aare (Abbildung 3.6-19).

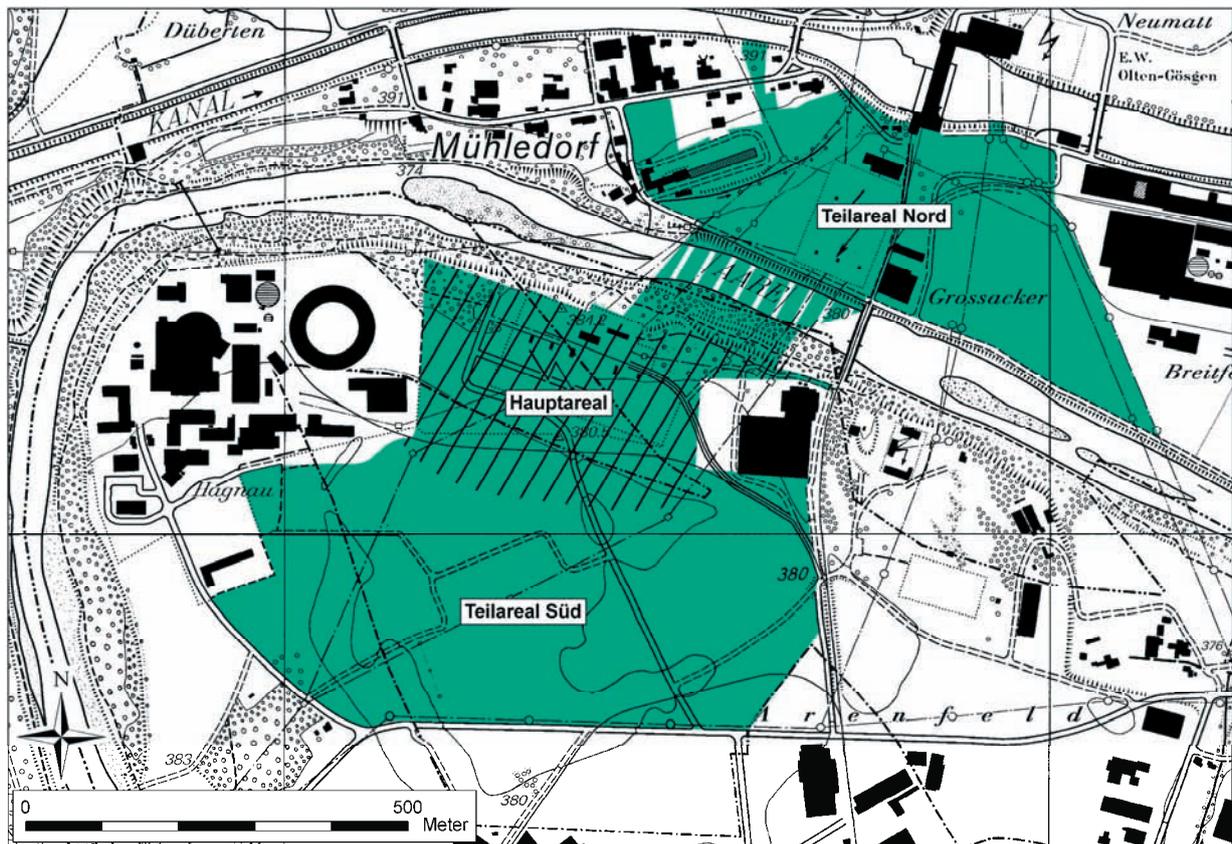


Abbildung 3.6-19 Projektareal KKN

Das Reaktorgebäude sowie alle nuklearen Anlagen werden auf dem Hauptareal angeordnet, das die östliche Fortsetzung des bestehenden Kraftwerkareales KKG bildet (Abbildung 3.6-1, Abbildung 3.6-19). Das Hauptareal und das Teilareal Süd liegen somit - geografisch und geologisch gesehen - auf derselben Schotterterrasse und der darunterliegenden Felsplatte wie das bestehende Kernkraftwerk Gösgen. Die Niederterrassenschotter, die die grossen Flusstäler des Schweizerischen Mittellandes bedecken, gelten generell als günstiger und tragfähiger Baugrund. Die beim Bau des KKG angetroffenen und gut dokumentierten Fundationsverhältnisse können

prinzipiell auch auf das angrenzende Hauptareal und das Teilareal Süd des KKN übertragen werden.

Aufgrund der kleinräumigen Heterogenität der Schotter, die als Schmelzwasserablagerungen entstanden sind, werden dennoch Bestätigungsbohrungen am Standort der wichtigsten sicherheitstechnisch relevanten Bauobjekte von KKN im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erforderlich sein (Kapitel 3.6.7.2). Die Untersuchungen im Rahmen von PRP (2008-2009) lieferten bereits erste Resultate, mit welchen die zu erwartenden Baugrundverhältnisse unter dem Hauptareal KKN bestätigt werden konnten (Interoil 2009).

Durch räumliche Integration der Bohrbefund- und Seismikdaten wurde ein dreidimensionales geologisches Modell des Standortes erstellt (Interoil 2009). Eine perspektive Modellansicht des Schichtenmodelles zeigt Abbildung 3.6-20. Aus dem Modell lassen sich beliebige geologische Horizontal- und Vertikalschnitte generieren. In (AF-Colenco 2009f) werden 4 ausgewählte Profile durch den KKN Standort dargestellt. Generell stellen die sandigen Kiese der Niederterrassenschotter die geologische Unterlage für alle Bauvorhaben dar und gelten geotechnisch als günstiger Baugrund. Die Felsoberfläche liegt unter dem Hauptareal in einer Tiefe von 24 - 28 m. Gegen Süden und Osten nimmt die Tiefe auf > 30 m zu, gegen Norden (Teilareal Nord) rasch ab (Abbildung 3.6-20).

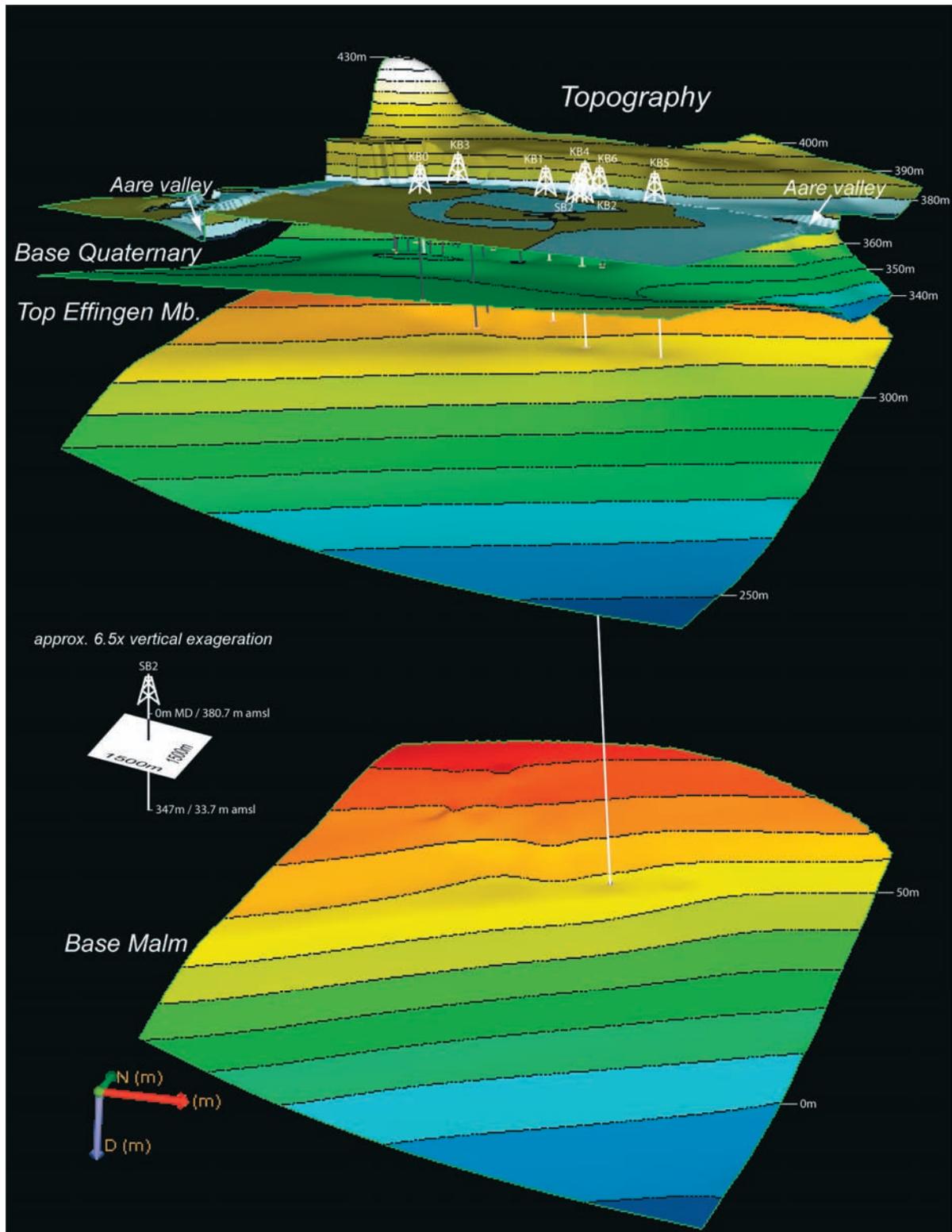


Abbildung 3.6-20 Perspektive Ansicht des 3D-Schichtenmodelles am Standort (Interoil 2009).
Blick von Südsüdost gegen den nördlichen Talrand

Der Felsuntergrund unter dem Areal besteht aus Malmkalken, die gegen Süden und Südosten von jüngeren Schichten der Unteren Süsswassermolasse überlagert werden. Wie in Kapitel 3.6.5.3 dargelegt, ist die mesozoische Malmoberfläche verkarstet und wird lokal von frühtertiären Ablagerungen des Eozäns bedeckt. Diese Verwitterungsrückstände der so genannten Bohnerzformation füllen die Klüfte und Karstspalten auf. Der Aufbau des geologischen Untergrundes unter dem Standort ist schematisch in Abbildung 3.6-21 veranschaulicht (aus AF-Colenco 2009h).

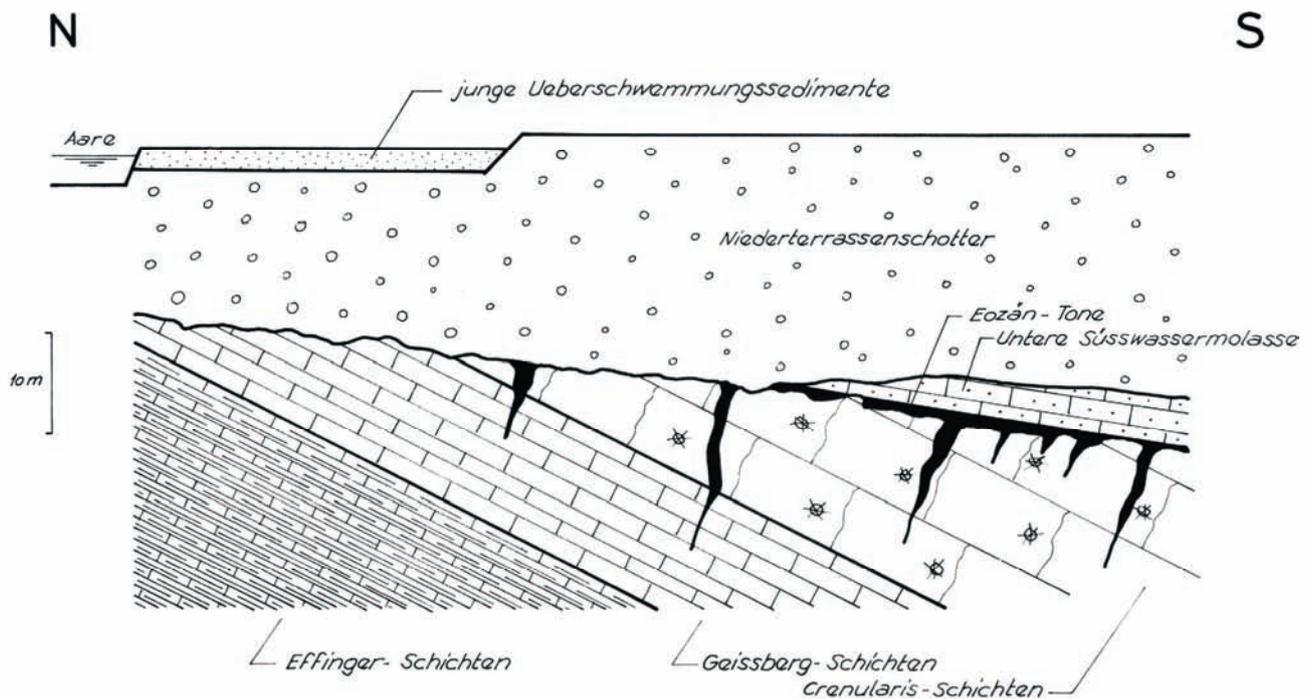


Abbildung 3.6-21 Schematisches geologisches Profil am Standort aus (AF-Colenco 2009h)

Im Uferbereich des Hauptareales ist mit alten Geländeauffüllungen zu rechnen, wobei das Fremdmaterial grösstenteils aus dem Aushub des 1912 gebauten Oberwasserkanales des Wasserkraftwerkes (WKW) Gösgen stammt. Das ca. 7 m mächtige Auffüllmaterial ist gegebenenfalls aus dem Gründungsbereich von Gebäuden zu entfernen.

Das Teilareal Nord ist linksufrig der Alten Aare auf der Insel (Gebiet zwischen Alter Aare und Oberwasser- bzw. Unterwasserkanal) angeordnet. Geologisch entspricht diese Lage dem Randbereich der Aaretal-Synklinale. Die Schotterfüllung keilt gegen Norden aus, und die Felsunterlage aus Malmkalken streicht entlang der Linie Mühledorf - Maschinenhaus WKW Gösgen an der Oberfläche aus. Aufgrund der Randlage sind die Fundationsverhältnisse auf der Insel weniger günstig. Die Schotter werden randlich durch eingeschwemmte "Schlammsande" versetzt. Diese wurden in der Baugrube der neuen Schaltanlage des WKW Gösgen angetroffen (Sieber Cassina + Partner 1996). Auf dem gesamten Teilareal Nord kommen ferner an der Basis der Schotter feinkörnige Stillwasserablagerungen (Basislehme) vor. Im südöstlichen Teil des Teilareales Nord (Flurname Grossacker) sind insofern noch günstige Baugrundverhältnisse zu erwarten, als die tragfähigen Schotter hier eine Mächtigkeit von 20 m und mehr erreichen (Sieber Cassina + Partner 1996, GASO 2008, AF-Colenco 2009h).

3.6.6.2 Schichtprofil und geotechnische Eigenschaften

Der stratigrafische Aufbau der Bodenschichten im Standortgebiet ist schematisch in Abbildung 3.6-21 dargestellt. Das Baugrundprofil lässt sich in die folgenden Bodenschichten (a-f) einteilen, deren Eigenschaften nachstehend charakterisiert werden (AF-Colenco 2009h, Interoil 2009):

a. Deckschichten (Tabelle 3.6-1):

Holozäne Überschwemmungssedimente, die dem spätglazialen Niederterrassenschotter aufliegen, sind im Aaretal beidseits der Aare weit verbreitet. Es handelt sich hierbei um sandig-siltige Hochwasserablagerungen, so genannte Schwemmsande, deren fluviatiler Charakter durch zahlreiche Gastropodenschalen belegt wird. Auf der Schotterterrasse, die den Standort aufbaut, erreichen diese Ablagerungen ihre grösste Mächtigkeit von über 4 m entlang der jungen Erosionsrinne der Aare (AF-Colenco 2009h), siehe Abbildung 3.6-21). Bei den damaligen Untersuchungen für die Kühlturmfundation des KKG wurde die oberflächliche Sandschicht beprobt. Es handelt sich, gemäss der internationalen USCS Klassifikation, um siltigen Sand SM-ML mit $\varphi = 38^\circ$. Für die Gründung des Kühlturmes wurde diese Schicht vollständig entfernt und durch eine künstliche Aufschüttung ersetzt.

Durch Geländeaufschüttungen im Bereich des KKG-Areales und der 380 KV Schaltanlage sind die Überschwemmungssedimente heute nur noch als Relikt vorhanden. Im Projektareal KKN ist der südliche Uferstreifen der Aare weitgehend durch Geländeaufschüttungen aufgebaut, grösstenteils handelt es sich dabei um Aushubmaterial vom Bau des Oberwasserkanales des WKW Gösgen 1912. Dementsprechend wurden in der jüngsten Bohrkampagne solche Schwemmsande nur in den Bohrungen KB1 und KB2 südlich der (aufgeschütteten) KKG-Schaltanlage angetroffen, die Mächtigkeit betrug jeweils 0.65 m und 2.35 m (Interoil 2009). Künstliche Auffüllungen wurden in allen übrigen näher zur Aare gelegenen Bohrungen vorgefunden (KB1, KB4, KB5, KB6).

Ähnliche Verhältnisse werden auch auf dem Teilareal Nord jenseits der Aare erwartet, d.h. oberflächliche, vorab feinsandige Überschwemmungssedimente von 0 - 3 m Mächtigkeit, stellenweise durch künstliche Aufschüttung bedeckt oder ersetzt. Bohrdaten sind keine verfügbar, einzig das Pumpwerk Atel auf der Insel ist mit 1.4 m Deckschichten dokumentiert (GASO 2008).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass oberflächliche Schwemmablagerungen bis zu 4 m Mächtigkeit beidseits der heutigen Aare-Rinne zu erwarten sind, Solche Schwemmablagerungen werden im Gründungsbereich von geplanten Bauwerken flächenhaft durch Bodenaustausch ersetzt.

b. Künstliche Auffüllungen (Tabelle 3.6-1):

Wie bereits oben angesprochen, sind künstliche Auffüllungen am Standort weit verbreitet, insbesondere entlang dem südlichen Aareufer im Areal des bestehenden KKG und der angrenzenden 380 kV Schaltanlage. Die Auffüllung besteht aus sauberem Sandkies mit Steinen, Blöcken und untergeordnet aus Fremdmaterial (Bauschutt). Sie stammt aus dem Bau des Oberwasserkanales des WKW Gösgen sowie aus umgelagertem Aushubmaterial der KKG-Baugrube.

Falls kein Fremdmaterial beigemischt wurde, ist diese Auffüllung nur schwer von gewachsenem Schotter zu unterscheiden. Ebenso ist die Lagerungsdichte ähnlich wie beim Schotter. Die Auffüllung unter der KKG-Schaltanlage ist bis ca. 7 m mächtig und wurde durch die neuesten Bohrungen auf dem Projektareal KKN bestätigt.

c. Randliche Schwemmsande (Tabelle 3.6-1):

Am nördlichen Rand der Talrinne treten lokale feinkörnige Einschwemmungen auf, die sich seitlich mit dem Niederterrassenschotter verzahnen (Sieber Cassina + Partner 1996). Es handelt sich dabei um siltige bis feinsandige Ablagerungen, die aufgrund ihrer Setzungs- und Erosionsempfindlichkeit als geotechnisch ungünstig gelten. Dieses Material kommt nur am nördlichen Rand des Teilareales Nord vor und müsste gegebenenfalls ausgehoben und ersetzt werden.

d. Niederterrassenschotter (Tabelle 3.6-2):

Der Niederterrassenschotter ist durchwegs als grauer, sandiger Kies mit Steinen ausgebildet und kompakt gelagert. Der Sandanteil ist variabel und liegt etwa zwischen 20 und 40 %. Kornverteilungskurven sind einerseits aus früheren Untersuchungen für das KKG hinreichend bekannt, andererseits wurden sie an zahlreichen Proben aus den neuesten Bohrungen 2008 - 2009 bestimmt (Interoil 2009). Die grösstenteils sauberen und lageweise siltigen Schotter decken die Bodenklassen GP - GW - GM ab (ASTM 2000, SN 2004). Ferner muss mit unregelmässig auftretenden isolierten Lagen bzw. Linsen von siltigen Sanden (SM) gerechnet werden, die ein Produkt der mäandrierenden unregelmässigen Schmelzwasser-Rinnen darstellen. Es handelt sich hierbei um enggestufte Sande mit einem Siltanteil von 10 - 15 % (Abbildung 3.6-22). Für die geotechnische Parametrisierung wurden innerhalb der Schotter zwei verschiedene Bodentypen unterschieden: Typ 1 = Kies mit Sand und Silt (GP - GW - GM) und Typ 2 = siltiger Sand (SM). Abbildung 3.6-22 zeigt die Sammelkurven der ermittelten Kornverteilungen für die zwei Bodenklassen. Insgesamt wurden unter dem Standort 19 Kiesproben und 5 Sandproben analysiert. Die Mächtigkeit der in den PRP Bohrungen angetroffenen Sandlagen beträgt 0.4 - 1.5 m. Als Ausnahme ist eine 2.5 m mächtige Schicht in KB4 in 15.5 - 18 m Tiefe zu erwähnen. Wassergesättigten Sandlagen ist in offenen Baugruben mit entsprechenden Massnahmen zu begegnen.

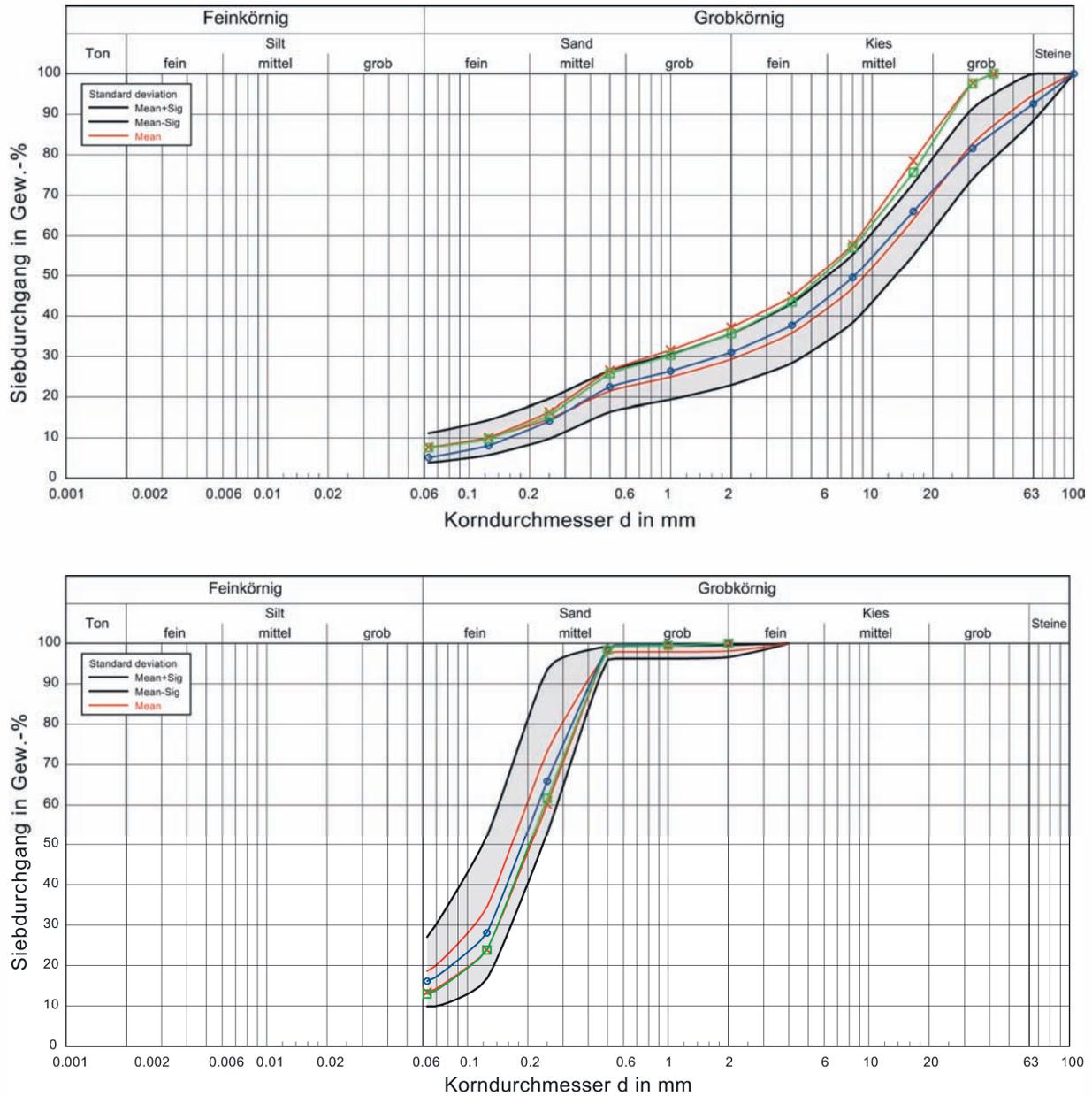


Abbildung 3.6-22 Kornverteilungskurven Kies (oben) und Sand (unten), Daten aus Bohrungen 2008 - 2009 (Interoil 2009)

Der Niederterrassenschotter gilt generell als geotechnisch günstiger und tragfähiger Baugrund. Der Kies eignet sich bekanntlich wenig für bodenmechanische Versuche. In Sondierbohrungen können in der Regel nur Seitendruck- und Rammversuche (Standard Penetration Test, SPT) ausgeführt werden, dies obwohl deren Aussagekraft in groben Lockergesteinen als umstritten gilt (Terzaghi 1967). Der Rammwiderstand in der jüngsten Bohrkampagne lässt auf eine sehr dichte Lagerung schließen: von ca. 70 durchgeführten SPTs liegen mit Ausnahme einiger weniger oberflächennaher Tests die Schlagzahlen N_{30} deutlich über 50, vgl. Abbildung 3.6-23a.

Aus früheren Pfahlsondenversuchen in dieser Gegend wird ein Zusammendruckungsmodul (ME-Wert) von im Mittel 160 - 200 MPa angegeben. Die Tragfähigkeitswerte φ' und c' für Sandkies hängen stark von der Lagerungsdichte ab. Im vorliegenden Fall der nachweislich hohen Lagerungsdichte wurden im Rahmen von PRP Triaxialversuchen entsprechend günstige Scherfestigkeitswerte der Schotter bestätigt: $\varphi' = 45 - 49^\circ$ und $c' = 5 - 30$ kPa. Die siltigen Sande SM liefern einen Wertebereich von $\varphi' = 37 - 42^\circ$ bzw. $c' = 14 - 27$ kPa (Interoil 2009). Des Weiteren wurden im Rahmen der PRP-Standortuntersuchungen auch dynamische Grosstriaxial-Versuche an Kiesproben aus dem Untergrund des Hauptareales KKN durchgeführt. Diese Resultate werden zusammen mit den gemessenen Scherwellengeschwindigkeiten für die Bestimmung der dynamischen Baugrundeigenschaften für das Bauprojekt berücksichtigt.

Die Niederterrassenschotter gelten als hoch durchlässig und verlangen nach entsprechenden Wasserhaltungsmassnahmen bei Tiefbauten. Die mittlere grossräumige Durchlässigkeit der Schotter wurde durch umfangreiche Pumpversuche ermittelt und beträgt $K = 5 \times 10^{-3}$ m/s (AF-Colenco 2009h). Dieser typische Erfahrungswert wurde durch die Untersuchungen auf dem KKN-Hauptareal bestätigt (Baechler et al. 2009). Eine Abnahme der Durchlässigkeit mit zunehmender Tiefe wurde nicht beobachtet. Aufgrund der erwähnten feinsandigen Zwischenlagen ist die vertikale Durchlässigkeit um etwa eine Grössenordnung kleiner als die horizontale (Anisotropie). Die aus Pumpversuchen bestimmten wirksamen Durchlässigkeiten widerspiegeln die K_{hor} -Werte. Die Sandkiese stellen ein hochwertiges Baumaterial dar, was bei der Bewirtschaftung des anfallenden Aushubmaterials zu berücksichtigen ist (siehe Kapitel 3.6.6.4).

e. Lehmige Schotterbasis (Tabelle 3.6-3):

Das Auftreten von feinkörnigen Sedimenten an der Basis der Niederterrassenschotter, die als Stillwasserablagerungen bzw. Seebodenlehm anzusprechen sind, wurde bisher nur im Teilareal Nord durch Bohrbefund bestätigt. Es handelt sich um tonigen Silt bis Feinsand, grau bis graublau, stellenweise kiesig. Im nördlichen Teil wurde dieses Material in den Bohrungen für das WKW Gösigen angetroffen (Sieber Cassina + Partner 1996), ebenso weiter südlich in der Nagra Vibroseis-Bohrung 1984 (GASO 2008) und am Aareufer in Bohrungen für die Kühlwasserversorgung von KKG (AF-Colenco 2009h). Bei letzteren wurde in 24 m Tiefe unter der Aaresohle eine 2.5 m mächtige Schicht aus Seebodenlehm erbohrt (Bohrung Nr. B402 in AF-Colenco 2009h). Dies ist das südlichste erbohrte Vorkommen des Basislehmes. Es wird an dieser Stelle von 24 m mächtigem, dicht gelagertem Schotter überlagert und deshalb durch flachgründige Bauten nicht zusätzlich belastet. Unter dem Hauptareal KKN und dem benachbarten KKG-Areal wurden keine solchen Schichten an der Basis der Schotter angetroffen. Dieser Befund konnte durch die jüngsten Bohrungen 2008 - 2009 bestätigt werden (Interoil 2009).

Das feinkörnige Material gilt als geotechnisch ungünstig und müsste in untiefen Lagen, d.h. im Gründungsbereich der Bauwerke oder unmittelbar darunter, durch Aushub und Bodenersatz eliminiert werden. Solch ungünstige Verhältnisse sind nur im nördlichsten Randbereich der Aaretal-Rinne zu erwarten, d.h. im nordwestlichen Teil des Teilareales Nord.

f. Felsunterlage (Malm, Tabelle 3.6-4):

Die Felsunterlage weist eine unregelmässige Erosionsoberfläche auf, die stellenweise verkarstet und mit tertiären Residualtonen (Bolustone) verfüllt bzw. bedeckt ist (Abbildung 3.6-21). In den Baugruben für die Erneuerung des Wasserkraftwerkes Gösgen konnte die abtauchende Felsunterlage aus verkarstem Malmkalk beobachtet werden. Sie taucht mit etwa 15° gegen SE ein (Sieber Cassina + Partner 1996). Die Tiefenlage und Beschaffenheit der Felsunterlage im Hauptareal KKN konnte durch die PRP Geophysik- und Bohrkampagne PRP 2008 - 2009 zumindest örtlich erkundet werden. Das Phänomen der Verkarstung der Felsunterlage wurde ausführlich in Kapitel 3.6.5.3 diskutiert. Die mit überkonsolidierten Residualtonen ausgefüllten Karstschlote und Taschen haben keine negative Auswirkung auf die Tragfähigkeit des Untergrundes. Wie bereits erwähnt, wurden im Untergrund des Standortes keine offenen Hohlräume - weder durch Bohrungen noch durch Geophysik - aufgezeigt.

Eine vorläufige Parametrisierung der im Baugrundprofil berücksichtigten Bodenschichten ist in den nachstehenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 3.6-1 *Geotechnische Eigenschaften: a. - c. Deckschichten generell, sowie randliche Schwemmsande im Norden des Standortes*

USCS-Klassifikation	SM, SM-ML, SM-MC	Setzungsempfindlich, frostgefährdet, nicht verdichtbar
Lagerungsdichte	locker, weich	
Durchlässigkeit	$K = 10^{-6} - 10^{-5} \text{ m/s}$	geschätzt für Deckschichten, für Schwemmsande ca. Faktor 10 höher
Feuchtraumgewicht	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	
Reibungswinkel	$\varphi' = 22 - 25^\circ$	
Kohäsion	$c' = 2 - 5 \text{ kPa}$	
M_E-Wert	$M_E = 3 - 4 \text{ MPa}$	

Tabelle 3.6-2 Geotechnische Eigenschaften: d. Niederterrassenschotter

USCS-Klassifikation	GP-GW / SM	Tragfähig
Lagerungsdichte	dicht bis sehr dicht	SPT in PRP-Bohrungen
Durchlässigkeit	Mittel 5×10^{-3} m/s	Pumpversuche KKG u. KKN (Baechler et al 2009)
Feuchtraumgewicht	$\gamma = 24$ kN/m ³ Kies $\gamma = 20$ kN/m ³ Sand	Laborversuche KKN (Interoil 2009)
Reibungswinkel	$\phi' = 45 - 49^\circ$ Kies GW $\phi' = 37 - 42^\circ$ Sand SM	Dir.Scherversuche, Triax CD, Triax CU (Interoil 2009)
Kohäsion	$c' = 5 - 30$ kPa Kies $c' = 14 - 27$ kPa Sand	Dir.Scherversuche, Triax CD, Triax CU (Interoil 2009)
M_E-Wert	M _E = 60 - 200 MPa	Erfahrungsbereich aus Lastplatten und Pfahlversuchen

Tabelle 3.6-3 Geotechnische Eigenschaften: e. Lehmige Schotterbasis, Seebodenlehm u. ä. (v. a. Teilareal Nord)

USCS-Klassifikation	GM; ML Seebodenlehm	Setzungsempfindlich
Lagerungsdichte	mittel dicht	
Durchlässigkeit	geschätzt 10^{-7} m/s	
Feuchtraumgewicht	$\gamma = 18 - 20$ kN/m ³	Nordrand
Reibungswinkel	$\phi' = 22 - 28^\circ$	(Sieber Cassina + Partner 1996)
Kohäsion	$c' = 0 - 8$ kPa	(Sieber Cassina + Partner 1996)
M_E Wert	M _E = 3 - 30 MPa	(Sieber Cassina + Partner 1996)

Tabelle 3.6-4 Geotechnische Eigenschaften: f. Felsunterlage Mittlerer Malm

	Malmkalke	Mergel (Effingen)	Bemerkung:
Durchlässigkeit	Kluftaquifer, verkarstet	Stauer	
Feuchtraumgewicht	$\gamma = 26.15$ kN/m ³	25.70	(Interoil 2009)
Reibungswinkel	$\phi = 40-67^\circ$	$\phi = 35-48^\circ$	Triax CFS Test (Interoil 2009)
Kohäsion	$c = 10-30$ MPa	$c = 18-29$ MPa	
UCS	$s = 87 \pm 28$ MPa	$s = 77 \pm 33$ MPa	(Interoil 2009)
E-Modul E [GPa]	21 - 52	9 - 40	(Interoil 2009) Triax und UCS
Poisson ν	0.06 - 0.15	0.10 - 0.43	
M_E Wert	M _E > 100 MPa		

Dynamische Baugrundparameter

Die dynamischen Baugrundparameter wurden im Rahmen der Standortuntersuchungen 2008-2009 experimentell ermittelt (Interoil 2009, Anhang B7). Die für die Auslegung massgebenden Werte werden im weiteren Verfahren von PRP festgelegt.

3.6.6.3 Baugrundverhalten unter dynamischen Lasten

Allgemeines

Der Baugrund besteht im Wesentlichen aus Terrassenschottern mit zum Teil eingelagerten Sandlinsen. Es handelt sich deshalb um einen guten tragfähigen Baugrund, der für statische Lasten keine Probleme bereitet.

Bei der Beurteilung des Verhaltens von Böden unter dynamischer Belastung muss vor allem die Frage eines potentiellen erdbebeninduzierten Porenwasserdruckanstiegs gestellt werden: Locker gelagerte, gesättigte, homogene Feinsande neigen dazu, unter zyklischer Belastung einen Porenwasserdruckanstieg zu erzeugen. Dieser führt zu einer Reduktion der Festigkeit, da die effektiven Spannungen abnehmen. Im Extremfall, bei sehr locker gelagertem Material, kann das Phänomen der "Bodenverflüssigung" auftreten, wobei sich das entsprechende Material vorübergehend ähnlich einer viskosen Flüssigkeit verhält.

Die dicht gelagerten Niederterrassenschotter gelten als ein nicht sensitiver Baugrund. Ausnahme sind oberflächennahe Feinsandlagen, die unter dem Grundwasserspiegel liegen (siltig-sandige Schwemmsande). Solche ungünstigen Bodenschichten werden durch Baugrunduntersuchungen identifiziert und durch Aushub und Materialersatz eliminiert.

Verflüssigungsgefährdung am Standort KKN

Das Verflüssigungspotential am Standort KKN wurde anhand der vorhandenen experimentellen Basis untersucht. Die Gefährdung durch "Bodenverflüssigung" wird nach folgenden Kriterien bewertet (Diskussion siehe z. B. Studer et al. 2007):

- (1) Ausdehnung und Tiefenlage der kritischen Sandlagen: aus der Literatur sind keine Fälle aus Tiefen > 15 m bekannt (Überlagerungsdruck). KKN Bereich: -1 bis -20 m
- (2) Lage des Grundwasserspiegels: aus der Literatur sind keine Fälle bekannt für Standorte mit tiefem Grundwasserstand (> 5 m). Unter dem Hauptareal KKN wird der Grundwasserspiegel seit Mai 2009 in den PRP Bohrungen gemessen. Der Flurabstand beträgt je nach der Geländekote des Bohrstandortes zwischen 5.5 und 6.9 m.

(3) Kornverteilung: gleichförmige Feinsande gelten als besonders anfällig, grobe Sande und Kies-sande als ungefährdet. Verflüssigungsgefährdete Kornverteilungsbereiche werden z. B. in der KTA-Regel 2201.2 ausgeschieden (KTA 2000) und sind in Abbildung 3.6-24 dargestellt. Bandbreiten für verschiedene Bodentypen mit nachgewiesenem Verflüssigungspotential werden in (Studer et al. 2007) zitiert.

(4) Lagerungsdichte: nur locker gelagerte Sande sind anfällig. Bei KKN gelten die durch SPT (Standard Penetration Test) getesteten Sandlagen als sehr dicht gelagert, siehe Abbildung 3.6-23a und Tabelle 3.6-5 unten.

(5) Dynamisches Scherverhalten (dyn. Schubspannungsverhältnis, siehe KTA 2000)

(6) Intensität und Dauer des Erdbebens

Als experimentelle Datengrundlage gelten in erster Reihe Ergebnisse der durchgeführten Bohrungen (Verbreitung und Tiefenlage der kritischen Sandlagen, Grundwasserspiegel), in-situ Versuche zur Lagerungsdichte (SPT), sowie Labortests bestehend aus Kornverteilung, dynamischen Triaxialversuchen und Resonanz-Versuchen.

Der Bohrbefund am Standort kann hinsichtlich einer Gefährdung durch Bodenverflüssigung wie folgt zusammengefasst werden:

- Oberflächennahe Schwemmsande gelten als empfindliches Material. Sie liegen jedoch über dem Grundwasserspiegel und sie werden flächenhaft vom Areal entfernt und durch Aufschüttung ersetzt.
- Solche ungünstigen Bodenschichten wurden nur in KB1 (0.60 - 4.0 m), in KB2 (2.35 - 3.45 m) und in KB5 (1.15 - 1.40 m) beobachtet.
- Unter dem bestehenden KKG-Kühlturm wurden im Bereich der Aare-Erosionsrinne Schwemmsande bis 1.9 m Mächtigkeit angetroffen und durch Bodenaustausch ersetzt.
- Im Bodenprofil des Standortes wurden vereinzelte Sandlagen oder Sandlinsen in Kernbohrungen KB1 - KB5a angetroffen und auf ihre Lagerungsdichte getestet (SPT, siehe Abbildung 3.6-23a). Ihre vertikale Verteilung im Bodenprofil ist in Abbildung 3.6-23b dargestellt (Interoil 2009). Wie aus Abbildung 3.6-23b ersichtlich ist, sind die Sandlagen im Schichtprofil des Standortes räumlich nicht korrelierbar. Ihre seitliche Ausdehnung ist deshalb begrenzt und beträgt maximal 20 - 25 m. Dieser Befund ist konsistent mit der sedimentologischen Entstehung der Sandrinnen.

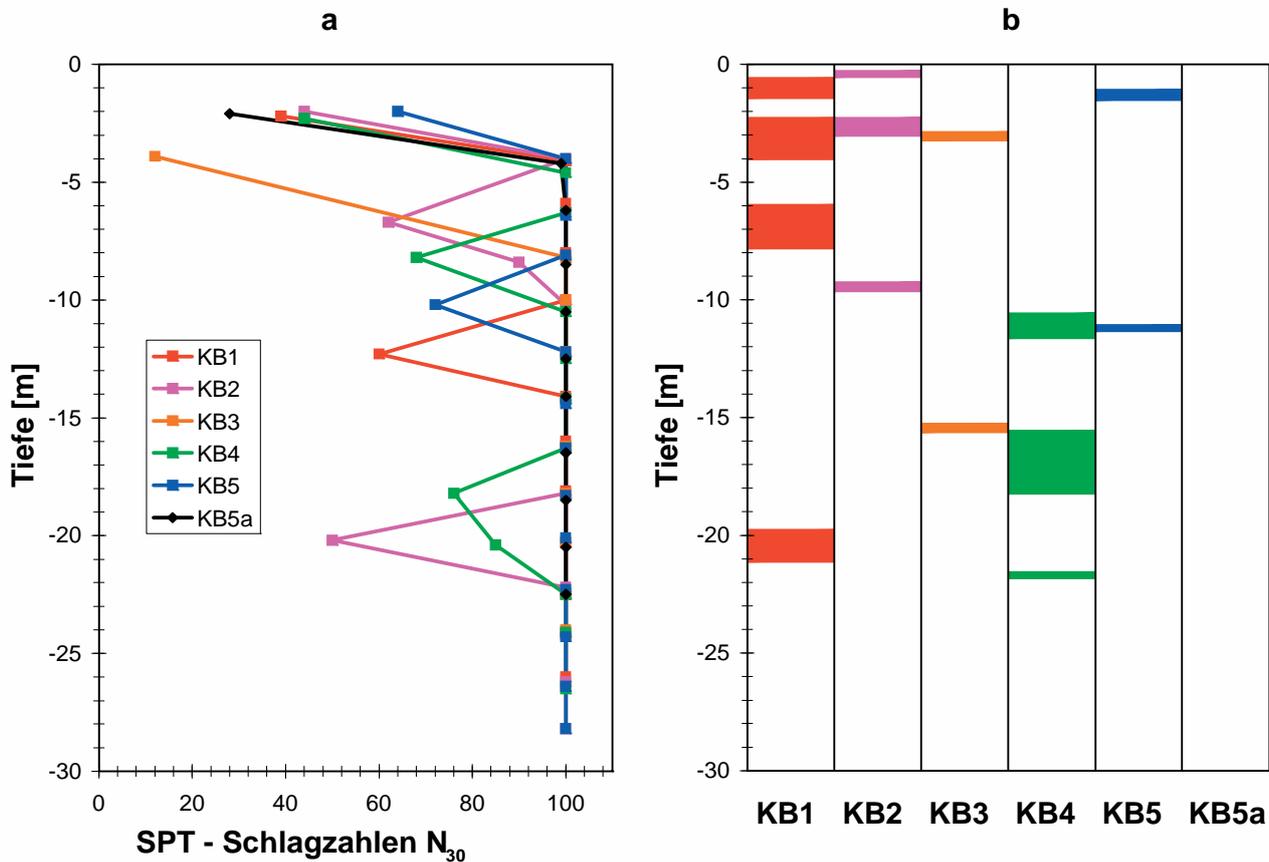


Abbildung 3.6-23 a) PRP Bohrungen am Standort: Ergebnisse aller SPT Schlagzahlen N_{30} , Werte bei > 100 abgeschnitten
b) Vertikale Verteilung der Sandlinsen im Schichtprofil

Aufgrund ihrer eng gestuften Kornverteilung wurden die Sande des Bodentypes 2 (siltiger Sand SM) als potentiell gefährdet bewertet (Abbildung 3.6-24) und weiteren Untersuchungen unterzogen. Resultate und detaillierte Diskussion der Verflüssigungsgefährdung sind in (Interoil 2009, Anhang B7) dokumentiert.

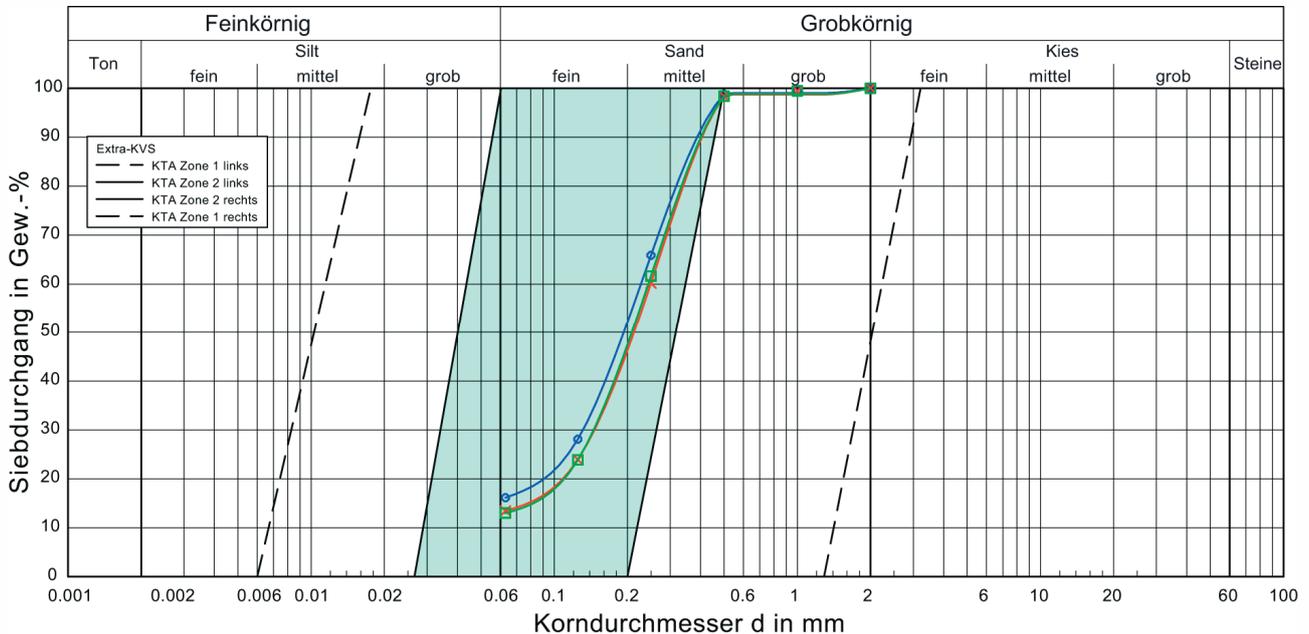


Abbildung 3.6-24 Grenzen für Verflüssigungspotential gemäss (KTA 2000), Vergleich mit Kornverteilung von KKN Bodentyp 2

Die SPT-Schlagzahl N_{30} gilt als Mass für die Lagerungsdichte D . Alle Resultate der durchgeführten SPT Versuche in Bohrungen KB1-KB5a sind in Abbildung 3.6-23a aufgetragen (Interoil 2009). Aus dem Quervergleich der beiden Darstellungen 3.6-23a und 3.6-23b ist ersichtlich, dass die lokalen Tiefwerte der SPT Schlagzahlen nicht mit den Sandlinsen korrelierbar sind. Die Sandkörper weisen folglich hohe Lagerungsdichte auf. Um dies zu bestätigen, werden die experimentellen Werte für den Bodentyp 2 (siltiger Sand SM) in Tabelle 3.6-5 zusammengefasst. Sande mit $N_{30} > 50$ gelten als sehr dicht gelagert (z. B. Terzaghi 1967); die entsprechende "bezogene Lagerungsdichte" wird mit $I_D = 85-100\%$ beziffert (Interoil 2009, Anhang B7).

Tabelle 3.6-5 Zusammenfassung der gemessenen SPT Schlagzahlen im Sand

Bohrung	Tiefe (m)	USCS	SPT N_{30}
KB1	5.9	SP-SM	196
KB1	20.3	SM	121
KB4	10.5	SP-SM	> 100
KB4	16.3	SM	83
KB4	18.2	SM	54
KB5	2.0	-	57

Die weiteren Untersuchungen zur Abschätzung der Verflüssigungsgefährdung des Bodentypes 2 bestanden in Anlehnung an (KTA 2000) aus Berechnung des dynamischen Schubspannungsverhältnisses τ/σ'_0 , welches die kombinierte Wirkung der zyklischen Schubspannung τ und des Überlagerungsdrucks σ charakterisiert, sowie aus zyklischen Triaxialversuchen und Resonanzversuchen. Die an 13 Proben ermittelten dynamischen Schubspannungsverhältnisse ergaben einen Wertebereich von 0.140 bis 0.182. Nach KTA-Kriterien (KTA 2000, Bild A4) ist "keine Verflüssigung anzunehmen" für relative Lagerungsdichte $I_D > 50\%$. Eine entsprechende Gefährdung kann angesichts der hier vorherrschenden Lagerungsdichte (Tabelle 3.6-5) ausgeschlossen werden. Dieser Befund wurde experimentell bestätigt durch die am Bodentyp 2 durchgeführten zyklischen undrainierten Triaxialversuche. Jede der 3 Testproben wurde mit 500 Zyklen belastet, ohne einen exzessiven Anstieg des Porenwasserdruckes bzw. einen Bruchzustand zu erreichen. Im Gegenteil, eine Abnahme des Porendruckes wurde während der dritten Belastungsphase beobachtet. Dies ist ein typisches Verhalten für Material mit hoher Lagerungsdichte, das unter zyklischer Belastung zur Dilatation neigt. Dadurch vergrössert sich der Porenraum, was wiederum den Abbau der entstehenden Porenwasserdrücke ermöglicht (Studer et al. 2007).

Bewertung der Gefährdung durch Bodenverflüssigung

Die Gefahr einer möglichen Bodenverflüssigung am Standort KKN wurde anhand von mehreren Kriterien beurteilt. Als mutmasslich anfällige Bodentypen wurden im Bohrbefund zwei sedimentologisch unterschiedliche Bodenschichten identifiziert:

- Oberflächliche feinsandige Überschwemmungsablagerungen
- Sandlagen (Schmelzwasserrinnen) innerhalb der Niederterrassenschotter

Die ersteren wurden nicht weiter untersucht, da sie im Gründungsbereich der Bauwerke durch Aushub und Bodenersatz grossflächig eliminiert werden. Durch den Ersatz dieser Schichten wird das Potential für eine Bodenverflüssigung bei Erdbeben, auch bei gleichzeitiger Überschwemmung mit erhöhtem Grundwasserspiegel, eliminiert.

Die im Kies eingeschalteten Sandlagen (Bodentyp 2) wurden weiteren Untersuchungen unterzogen, nachdem das Kriterium der Kornverteilung eine mögliche Gefährdung angezeigt hatte, siehe Abbildung 3.6-24. Alle anderen Kriterien, hier vorab die hohe Lagerungsdichte, schliessen jedoch eine Gefahr der Bodenverflüssigung aus. Dies wurde auch experimentell durch dynamische Triaxialversuche und Resonant Column Tests bestätigt. Im Rahmen der detaillierten Bauprojektierung werden vertiefende Untersuchungen an objektspezifischen Standorten durchgeführt, um den gegenwärtigen Sachverhalt zu bestätigen. Sollten dennoch - wider Erwarten - locker gelagerte Sandlagen im relevanten Tiefenbereich angetroffen werden, so bieten sich bewährte technische Massnahmen zur Bodenverbesserung an (wie z. B. das "compaction grouting").

Aufgrund der vorhandenen experimentellen Datengrundlage kann gefolgert werden, dass der Baugrund am Standort KKN eine erdbebengerechte Foundation ohne grössere Probleme zulässt, wobei das dynamische Verhalten des Baugrundes bei der Auslegung des Kraftwerkes zu berücksichtigen ist. Das Gefährdungspotential durch Bodenverflüssigung wird für den Standort KKN aufgrund der dichten Lagerung der sandigen Kiese als sehr gering eingestuft.

3.6.6.4 Materialbewirtschaftung

Für das Bauvorhaben werden grössere Baugruben und Materialbewegungen erforderlich. Abgesehen von oberflächennahen Deckschichten und Deponiematerial im Uferbereich des Hauptareales wird der grösste Anteil des Aushubmaterials aus Sandkiesen der Niederterrassenschotter zusammengesetzt sein. Beim Niederterrassenschotter handelt es sich um einen hochwertigen Kies, der als gefragter Rohstoff verwertet werden kann. Es ist davon auszugehen, dass etwa 2/3 des anfallenden Aushubvolumens die Wandkiesqualität erreichen wird und entsprechend verwertet werden kann. Nicht verwertbar sind siltige und feinsandige Zwischenlagen, randnahe Schwemmsande (Teilareal Nord) sowie lehmige Stillwasserablagerungen an der Basis der Schotter.

Diese stellen ein minderwertiges Material dar und werden grösstenteils auf Deponien abgeführt; ein Teil des anfallenden Aushubes kann eventuell für Dammbauten und Terrainanpassungen sowie generell als unverschmutztes Aushubmaterial zum Wiederauffüllen von Abbaustellen und Kiesgruben verwendet werden. Aufgrund der Setzungsempfindlichkeit ist es als Auffüllmaterial für das Betriebsgelände nicht geeignet.

3.6.7 Bewertung des Projektareales KKN

3.6.7.1 Stand der Kenntnisse

Die vorhandenen Kenntnisse und damit die geologische Prognostizierbarkeit sind für die Projektareale südlich und nördlich der Alten Aare unterschiedlich. Das Hauptareal sowie das benachbarte Teilareal Süd liegen auf der mächtigen Schotterterrasse des Aarfeldes. Der geologische Baugrund gilt deshalb als gleichwertig mit jenem des benachbarten KKG, er ist generell gut prognostizierbar und durch die kürzlich abgeschlossene PRP Bohrkampagne 2008 - 2009 auch im Aufbau bestätigt (Interoil 2009). Die günstigen Baugrundeigenschaften ergeben sich grundsätzlich aus einer 25 - 28 m mächtigen Schotterlage, die einen tragfähigen Baugrund darstellt. Die Schotter sind nachweisbar dicht bis sehr dicht gelagert und liegen in gesättigtem Zustand vor, da sie einen regionalen Grundwasserstrom beherbergen (relevant für Bauwasserhaltung). Im Uferbereich des Hauptareales ist zudem mit bis zu 7 m mächtigen künstlichen Auffüllungen zu rechnen, die aus der Bauzeit des Oberwasserkanales des WKW Gösgen stammen. Die Kenntnis der Baugrundverhältnisse wird im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens durch ergänzende Untersuchungen unter Berücksichtigung der dann bekannten Gebäude und der Gebäudedisposition vertieft.

Weniger gut bekannt sind die Verhältnisse auf dem Teilareal Nord linksufrig der Aare. Die geologischen Kenntnisse sind limitiert und aufgrund dessen geologischer Randlage ist das Gebiet heterogen aufgebaut. Eine ausreichende Datengrundlage ist nur im Bereich des Wasserkraftwerkes Gösgen vorhanden, das am Rand bzw. ausserhalb der Schotterfüllung gelegen ist (Sieber Cassina + Partner 1996).

Der nordwestliche Teil des Teilareales Nord im Bereich der bestehenden Schaltanlage des WKW Gösgen liegt über der auskeilenden Talfüllung; die geringmächtige Schottererschicht wird hier mit seitlich eingeschwemmten "Schlammsanden" versetzt. Zudem sind an der Basis der Schotter in geringer Tiefe feinkörnige Stillwasserablagerungen erbohrt worden.

Weitere punktuelle Aufschlüsse über den Schichtaufbau im Teilareal Nord liefern einerseits die Grundwasserfassungen Atel, Baujahr 1949 (GASO 2008) und Papierfabrik (KANI, Baujahr 1954). Vom südlichen Teil des Teilareales Nord liegen die Untersuchungen der Nagra (Vibroseis-Bohrung AZ-065 von 1984, GASO 2008) sowie die Sondierbohrungen für die Kühlwasserversorgung von KKG (AF-Colenco 2009h) vor. Aus der obigen Datengrundlage geht hervor, dass der östliche Teil des Teilareales Nord durch eine gegen Südosten zunehmende Rinnentiefe charakterisiert ist, die mit einer raschen Zunahme der Schottermächtigkeit einhergeht. Im Pumpwerk Atel, etwa im Zentrum des Teilareales Nord gelegen, wurde der Fels in 15 m Tiefe erbohrt, in der Nagra-Bohrung am linken Aareufer erst in 42 m Tiefe (GASO 2008). Auch hier werden die Aareschotter von 5 - 8 m mächtigen, tonig-siltigen Seeablagerungen unterlagert. Das geotechnisch ungünstige Material tritt allerdings erst in einer Tiefe von 15 m und mehr auf und ist deshalb für Flachgründungen im Schotter nicht kritisch. Die MC-Bohrungen unmittelbar stromabwärts der Aarebrücke zeigen, dass die Felsoberfläche etwa 24 m tief unter der Flusssohle der Alten Aare liegt (AF-Colenco 2009h). Für das Teilareal Nord können somit von NW nach SE zunehmend günstigere Baugrundverhältnisse prognostiziert werden.

3.6.7.2 Bewertung

Hinsichtlich der Baugrundverhältnisse sind das Hauptareal und das südlich angrenzende Teilareal Süd als gleichwertig gut zu bewerten. Die geotechnische Eignung dieser Tragschicht ist durch den Bau und Betrieb des KKG erwiesen. Die Niederterrassenschotter des Schweizerischen Mittellandes gelten generell als tragfähiger Baugrund. Hingegen sind lokale künstliche Auffüllungen im Uferbereich sowie feinkörnige Deckschichten geotechnisch ungeeignet. Sie können im Bedarfsfall problemlos flächenhaft entfernt werden.

Eine Baugrundeigenschaft der Schotter, die bei Untersuchungen im Baubewilligungsverfahren gezielt zu prüfen ist, ist das Potential zur Bodenverflüssigung beim etwaigen Auftreten von wichtigen Lagen von locker gelagertem Feinsand. Nur locker gelagerte und gesättigte sowie homogen-feinkörnige Feinsande neigen dazu, bei dynamischer Beanspruchung durch Erdbeben einen exzessiven Porenwasserdruck aufzubauen, der im Extremfall zur Bodenverflüssigung (Liquefaction) führt. Ein solches Potential kann beim Auftreten von "verdächtigen" Feinsandlagen durch einfache Rammversuche (SPT) im Bohrloch und eine Korngrössenanalyse abgeklärt werden.

Aufgrund der sedimentären Architektur der Schotter, der geringen Seismizität sowie der jüngsten Ergebnisse der Sondierungen und der Laborversuche wurde eine solche Gefährdung am Standort KKN als sehr gering eingestuft. Ausserdem könnten im Bedarfsfall bewährte technische Massnahmen zur lokalen Bodenverbesserung angewandt werden (z. B. Zementinjektionen).

Das Teilareal Nord ist aufgrund dessen Randlage differenziert zu bewerten:

- Der nordwestliche Bereich liegt über der auskeilenden Talfüllung. Die geotechnisch günstigen Schotter sind nur noch geringmächtig vorhanden und werden in geringer Tiefe von tonig-siltigen Seeablagerungen unterlagert. Vom nördlichen Talrand her werden zudem Schlamm-sande eingeschwemmt. Dieses Teilgebiet ist deshalb für grössere Bauanlagen ungeeignet. Es kann jedoch für Bauten ohne Sicherheitsrelevanz benutzt werden, welche keine tiefe Gründung benötigen.
- Der östliche Bereich ist durch eine rasche Zunahme der Schottermächtigkeit charakterisiert. Daraus resultieren zunehmend günstigere Baugrundverhältnisse, die mit jenen rechtsufrig der Aare vergleichbar sind. Im südöstlichen Bereich des Teilareales ist somit eine genügend mächtige und tragfähige Schotterschicht vorhanden, um die in der Projektvariante 1 vorgesehenen Bauten des Hauptkühlwassersystemes (Hybridkühlturm), sicher aufzunehmen.

Die grundsätzliche Eignung des Standortes KKN für das Bauvorhaben ist bestätigt. Um detaillierte Baugrundparameter zu ermitteln, sind für die Bauphase zusätzliche geologische Sondierungen im Gründungsbereich der wichtigen Anlagebauten geplant. Dabei ist insbesondere der kleinräumigen Variabilität der Niederterrassenschotter Rechnung zu tragen.

3.6.7.3 Folgerungen für die Anordnung von Bauten

Basierend auf früheren Daten und den jüngsten Sondierungen können die Kenntnisse der Baugrundeigenschaften als hinreichend und belastbar gewertet werden, um die Eignung des Standortes KKN für das Bauvorhaben zu bestätigen. Aus der differenzierten Bewertung der Teilareale ergeben sich klare und eindeutige Randbedingungen für die Anordnung der Bauten der Anlage (Abbildung 3.6-19):

- Die Standortflächen südlich der Alten Aare bieten die beste Eignung für die dort vorgesehenen nuklear-relevanten Bauten. Die Bedingungen sind gleich günstig wie beim bestehenden KKG. Das Hauptareal und das Teilareal Süd sind geotechnisch als gleichwertig zu bezeichnen.
- Das linksufrige Teilareal Nord eignet sich für die in der Projektvariante 1 vorgesehenen Bauten, nämlich im südöstlichen Teil Bauten des Hauptkühlwassersystemes (Hybridkühlturm, Wasseraufbereitungsanlage, Pumpenhaus), und im westlichen sowie im nördlichen Teil verschiedene Neben- und Aussenanlagen ohne tiefe Gründung.

3.6.8 Seismische Bemessung

3.6.8.1 Bemessungs-Antwortspektren für den Standort KKN

Bei dem 2004 fertig gestellten Projekt PEGASOS (HSK 2007) wurde für den benachbarten Standort KKG die Erdbebengefährdung neu ermittelt (vgl. auch Kapitel 3.6.3.2). Die Ergebnisse des PEGASOS-Projektes wurden nach dem neusten internationalen Wissensstand ermittelt. Sie bieten derzeit die bestmögliche Grundlage, um die Erdbebengefährdung des Standortes festzulegen. Um die ausgewiesenen relativ grossen Bandbreiten der Unsicherheiten zu reduzieren, wird zurzeit am PEGASOS Refinement Project (PRP) gearbeitet.

Das endgültige Bemessungsspektrum wird auf Basis der weiteren geologisch/geotechnischen Baugrunduntersuchungen im Rahmen des Bauprojektes und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Ergebnissen aus dem PEGASOS- und PRP gemäss den schweizerischen Richtlinien festgelegt. Dabei werden die lokalen geotechnischen Untergrundverhältnisse innerhalb des Projektareales berücksichtigt (z. B. allfällig eingeschaltete weichere Bodenschichten etc.). Hinweise auf mögliche standortbezogene Antwortspektren gibt Abbildung 3.6-16 in Kapitel 3.6.3.2, welche die Resultate des PEGASOS-Projektes für den benachbarten Standort KKG zeigt. Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass das endgültige Bemessungsspektrum für das Sicherheitserdbeben in diesem Streuband liegen wird.

3.6.8.2 Dynamische Boden - Bauwerk Interaktion und gegenseitige Beeinflussung benachbarter Bauten

Die im Baubewilligungsverfahren vorgegebenen Bemessungserdbeben an der Oberfläche werden jeweils als "Freifeldanregung" an der Geländeoberfläche definiert sein. Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund kann, je nach Steifigkeit des Untergrundes und der Bauwerksmasse, das Verhalten eines Bauwerkes wesentlich beeinflussen. Es ist deshalb bei jedem Projekt abzuklären, ob diese Wechselwirkung quantitativ von Bedeutung ist oder ob ein Bauwerk und der Boden getrennt voneinander untersucht werden können.

Die Wirkung der Boden - Bauwerk Interaktion kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Anregung des Bauwerkes unterscheidet sich von der Freifeldbewegung, die horizontale Komponente wird gewöhnlich verringert, dafür entsteht eine zusätzliche Kippbewegung. Alles in allem wirkt sich dies in vielen Fällen günstig aus.
- Die Nachgiebigkeit des Bodens bewirkt eine Reduktion der Eigenfrequenz im Vergleich zu einem starr fundierten Bauwerk. Je nach Lage dieser Frequenzen im Vergleich zu den am Standort dominanten Frequenzen der Anregung kann sich dies günstig oder ungünstig auswirken.

- Die dem Boden durch das Bauwerk aufgezwungenen Bewegungen erzeugen zusätzliche Materialdämpfungskräfte im Boden und, was viel wichtiger ist, Wellen, die Schwingungsenergie ins "Unendliche" abzuleiten vermögen. Dieser Energieabfluss wird geometrische Dämpfung genannt; im Fall einigermaßen homogener Verhältnisse bei sehr mächtigen Lockergesteinsablagerungen bewirkt er eine wesentliche Erhöhung der effektiven Dämpfung.

Die geologischen Verhältnisse am Standort des KKN sind durch eine relativ mächtige Lockergesteinsschicht charakterisiert. Dadurch, sowie durch die tiefe Einbindung der Reaktoranlage und durch deren grosse Bauwerksmasse, wird bei der Berücksichtigung der Boden - Bauwerk Interaktion eine wesentliche Reduktion der Anregung der Gebäude v. a. im höheren Frequenzbereich erwartet.

Die Boden - Bauwerk Interaktion wird bei der Bemessung des KKN berücksichtigt. Eine allfällige gegenseitige Beeinflussung von nahe gelegenen Bauten bei einem Erdbebenereignis wird bei der Auslegung und Bemessung der Bauanlagen im Baubewilligungsverfahren berücksichtigt.

3.6.8.3 Option: seismische Basisisolierung

Als Option zu einer konventionellen Erdbebenauslegung wird eine seismische Basisisolierung (Base Isolation) in Betracht gezogen. Es handelt sich dabei um eine ausgereifte Technologie, die sich seit über 30 Jahre bei Bauten mit komplexen Installationen und wichtigen öffentlichen Funktionen bewährt hat.

Wirkungsweise

Das Prinzip der seismischen Basisisolierung beruht darauf, dass durch die besondere Lagerung des Bauwerkes dessen Eigenperiode dahingehend verändert wird, dass sie aus dem Bereich der maximalen Beschleunigungen in einen Bereich geringerer Spektralbeschleunigungen verschoben wird. Durch geeignete Ausführung der Lager und Anordnung von Dämpferelementen wird eine erhöhte Energiedissipation ermöglicht, was zu einer Erhöhung des Dämpfungsverhaltens führt. Durch die Verschiebung der Eigenperiode und die Erhöhung des Dämpfungsmasses wird eine Reduktion der seismischen Belastung des Bauwerkes erzielt. Die Wirkungsweise ist schematisch in Abbildung 3.6-25 dargestellt.

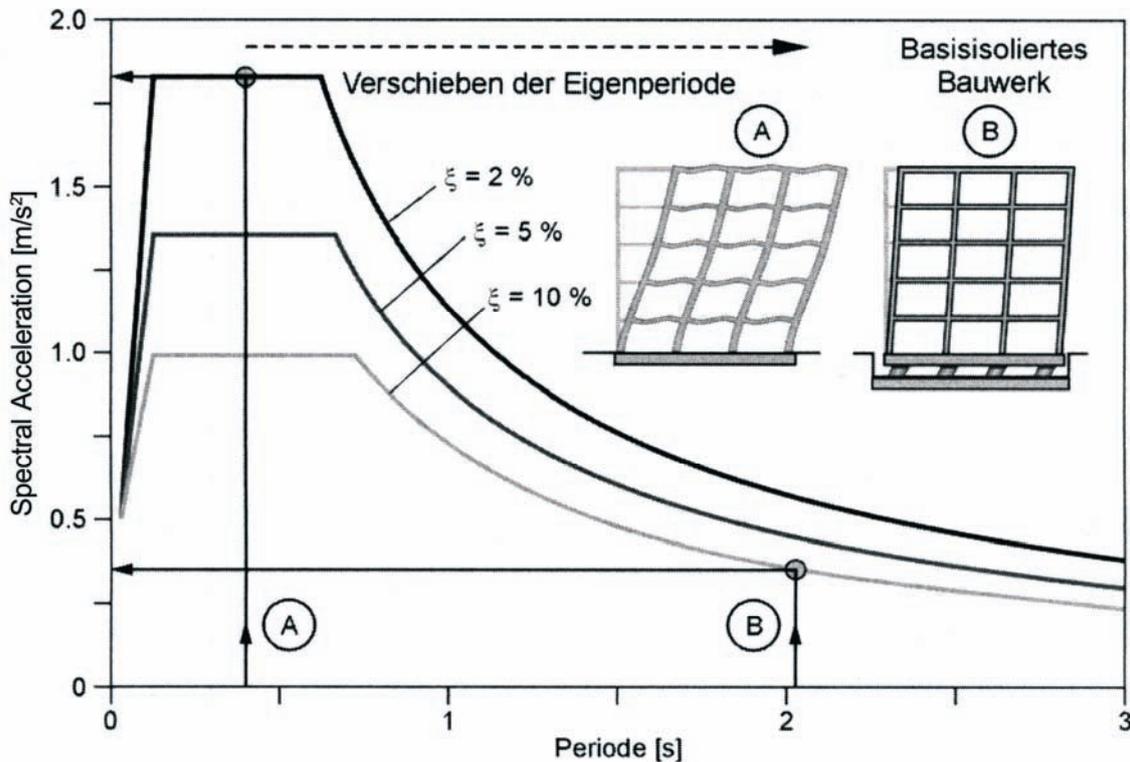


Abbildung 3.6-25 Prinzip der seismischen Basisisolierung (Baur 2003), Reduktion der Anregung durch Verschiebung der Eigenfrequenz und Erhöhung der Dämpfung

Prinzipiell können durch eine seismische Basisisolierung die Schnittkräfte des Tragwerkes reduziert werden. Es findet eine Entkopplung des Überbaues von der Gründung statt. Das Schwingverhalten der Konstruktion wird primär von seiner Grundschiebung dominiert. Dabei schwingt vor allem die Lagerung, und der Überbau verhält sich steif. Das Erdbebenverhalten der Konstruktion kann in der Planung einfacher modelliert und berechnet werden, da die Lagerungsbedingungen und das daraus resultierende Schwingverhalten eindeutig bekannt sind.

Einhergehend mit der Reduktion der Krafteinwirkung erhöhen sich aber die Verschiebungen des Bauwerkes. Diese sind in der konstruktiven Ausbildung und Planung der Versorgungsanschlüsse zu berücksichtigen. Die Lager müssen deshalb eine geringe horizontale, aber eine hohe vertikale Steifigkeit aufweisen.

Beispiele seismischer Basisisolierung bei Kernkraftwerken

Die erste Anwendung der seismischen Basisisolierung bei Kernkraftwerken ist in Koeberg, Südafrika, zu finden. Das dortige Kraftwerk wurde 1973 auf Elastomer gegründet. Kurz darauf wurde in Frankreich das Kernkraftwerk bei Cruas ebenfalls mit Elastomerlagern ausgerüstet (Chang et al. 1991, Kelly 2004). Die Technologie dieser ersten seismischen Basisisolierung würde heute nicht mehr in dieser Art und Weise ausgeführt werden, da sich diese Technik in den letzten 30 Jahren massiv weiter entwickelt hat.

Eine Reihe von internationalen Studien zeigt, dass die seismische Basisisolation als Alternative zur konventionellen Auslegung moderner KKW's breit diskutiert und teilweise in der Planung umgesetzt wird. Es gibt Entwurfsbeispiele für die Schnellen Brutreaktoren (Fast Breeder Reactor) in Europa, USA und Japan (z. B. Tajirian et al. 1990, Bhoje et al. 1999, Kageyama et al. 2003).

Entwurfsstudien für koreanische Reaktoren finden sich in (Yoo et al. 2000, Yoo & Kulak 2002, Chang 2004).

Bei einer allfälligen Wahl der Option der seismischen Basisisolierung wird die Nachweisführung der Eignung dieser Technologie mittels Berechnungen und Tests im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens geführt. Dabei wird insbesondere auf die folgenden Fragestellungen eingegangen:

Generell:

- Auswirkungen auf die allgemeine Auslegung der Anlage (layout)
- Auswirkungen der Lastfälle Erdbebeneinwirkungen, Flugzeugabsturz und Aussenexplosionen
- Beherrschung der horizontalen Verschiebungen und dreidimensionaler Effekte

Lagerspezifisch:

- Nachweise der Wirkungsweise der Lager
- Austauschbarkeit der Lager
- Alterungsbeständigkeit des eingesetzten Materiales
- QM-Programm für die Herstellung der Lager und Montage
- Periodische Inspektion (Monitoring) der Lager

3.6.8.4 Konsequenzen für die KKN-Auslegung

Zusammen mit bewährten Bemessungsmethoden, wie Boden - Bauwerk Interaktion (Studer et al. 2007), Berücksichtigung der "Beyond design basis events" oder mit der Option seismische Basisisolierung (Kelly 2004), kann eine erdbebengerechte Auslegung gewährleistet werden.

3.6.8.5 Erkenntnisse aus dem Erdbeben in der Nähe des Kernkraftwerkes Kashiwazaki-Kariwa (Japan)

Der Standort des Kernkraftwerkes Niederamt befindet sich in einem Gebiet mit niedriger seismischer Aktivität. Aus diesem Grund gibt es sehr wenige Erdbebenaufzeichnungen. So wurden am Standort des benachbarten Kernkraftwerkes Gösgen während des dreissigjährigen Betriebes lediglich vier Erdbeben niedriger Magnitude mit sehr niedrigen gemessenen Bodenbeschleunigungen im Bereich einiger Tausendstel g registriert. Daher ist die Auswertung von Erfahrungen aus Erdbebenaufzeichnungen in anderen Ländern mit höherer seismischer Aktivität von allgemeinem Interesse für die Planung neuer Kernkraftwerke.

Am 16. Juli 2007 war das KKW Kashiwazaki-Kariwa in Japan mit 7 Reaktoreinheiten vom Niigata-Chuetsu-Oki Erdbeben der Magnitude M_w 6.6 betroffen, dessen Epizentrum sich in einer Entfernung von etwa 16 km zum Kraftwerk befand.

Die Internationale Atomenergie Agentur (IAEA) hat, zusammen mit Tokyo Electric Power Company (TEPCO) und Industrial Safety Agency (NISA), die Auswirkungen des Bebens vor Ort untersucht und die entsprechenden Ergebnisse in drei Berichten festgehalten (IAEA 2007, IAEA 2008, IAEA 2009).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass:

- die Bemessungswerte für die Bodenbeschleunigung am Standort stark überschritten wurden (Freifeldbodenbeschleunigungen bis zu ca. 0.9 g)
- die Sicherheitssysteme ihre Funktion erfüllt haben. Dazu gehören insbesondere die durch Erdbebensensoren ausgelöste Reaktorschnellabschaltung, die zuverlässige Kernkühlung und im Wesentlichen die Rückhaltung des radioaktiven Inventares. Die eingetretene Freisetzung von geringen Mengen radioaktiver Stoffe lag weit unter den Jahresgrenzwerten. Die Sicherheit der Kernkraftwerkanlage war zu keinem Zeitpunkt gefährdet
- Schäden in geringem Umfang vorrangig im nicht-nuklearen Teil des Kraftwerkes beobachtet wurden
- es möglich ist, die Kernkraftwerke nach ausführlichen technischen Abklärungen und Reparaturen im nicht-nuklearen Teil der Anlagen trotz des Überschreitens der Bemessungswerte der Bodenbeschleunigung schrittweise wieder in Betrieb zu nehmen

Die Abklärungen der IAEA, von TEPCO und der NISA haben ergeben, dass die unter dem Meeresgrund verdeckte seismische Verwerfung (Überschiebung), welche das Niigata-Chuetsu-Oki Erdbeben verursacht hatte, bei den ursprünglichen Standortuntersuchungen für das Kernkraftwerk Kashiwazaki-Kariwa nicht entdeckt worden war.

Die IAEA empfiehlt daher neben der Durchführung von sehr detaillierten Untersuchungen zur Auf-
findung potentiell seismisch aktiver Verwerfungen in der Nähe eines KKW-Standortes auch die
Durchführung probabilistischer Risikostudien zur Bestimmung des Erdbebenrisikos. Grundlage
hierfür sind probabilistische Erdbebengefährdungsstudien (PSHA = Probabilistic Seismic Hazard
Analysis). Für den Standort des Kernkraftwerkes Niederamt sind derartige detaillierte Standortun-
tersuchungen bereits im Rahmen der Überprüfung der Standorteignung durchgeführt worden. Das
PRP wird auch die für die Durchführung einer seismischen Risikostudie benötigten probabilisti-
schen Erdbebengefährdungskurven liefern.

Bereits jetzt ist gesichert, dass die Standorte des Kernkraftwerkes Kashiwazaki-Kariwa und des
geplanten Kernkraftwerkes Niederamt bezüglich der geologischen / geotechnischen Situation und
der seismotektonischen Gefährdung nicht miteinander vergleichbar sind. Im Gegensatz zum
Standort des Kernkraftwerkes Kashiwazaki-Kariwa liegt der Standort KKN in einer stabilen konti-
nentalen Platte und zeigt eine wesentlich geringere Erdbebengefährdung. Die in Japan beobachte-
ten unerwartet hohen Beschleunigungen sind u. a. auf den Umstand zurückzuführen, dass der
KKW-Standort sich auf dem hangenden Block der kausalen Überschiebungsfläche befindet, wo die
Beschleunigungen immer höher sind als im Liegenden. Daher ist das Auftreten von Bodenbe-
schleunigungen in einer solchen Grössenordnung für den Standort KKN extrem unwahrscheinlich.

Aus ingenieurtechnischer Sicht ist eine Bewertung der aufgetretenen Schäden von Interesse. Hier-
zu können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die meisten Schäden entstanden durch starke Bodenbewegungen und Setzungen. Auf
Grund der Bodenverhältnisse am Standort des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt mit
sehr dicht gelagertem Niederterrassenschotter sind Schäden durch starke Bodenbewegun-
gen, Setzungen und Bodenverflüssigung auch bei einem starken Erdbeben nicht zu erwarten
- Die meisten anderen Schäden würden bei einem schweizerischen Kernkraftwerk, insbeson-
dere bei einem neu geplanten, kaum auftreten, da die von der TEPCO, NISA und der IAEA
vorgeschlagenen Massnahmen in der schweizerischen Auslegungspraxis mehrheitlich be-
reits umgesetzt sind, und eine entsprechende Bemessung für die Auslegung des Kernkraft-
werkes Niederamt im Baubewilligungsverfahren festgelegt wird
- Die von der NISA und einer eingesetzten japanischen Expertenkommission durchgeführten
Untersuchungen zu den Auswirkungen des Niigata-Chuetsu-Oki Erdbebens auf das Kern-
kraftwerk Kashiwazaki-Kariwa haben gezeigt, dass Bauwerke, Komponenten und Ausrüs-
tungen, die gemäss dem Stand von Wissenschaft und Technik ausgelegt und bezüglich Erd-
bebenlasten in Tests seismisch qualifiziert wurden, über hohe Auslegungsreserven verfügen.
Dies hatte im Fall von Kashiwazaki-Kariwa zur Folge, dass auch auslegungsüberschreitende
Erdbebenlasten ohne sicherheitsrelevante Schäden beherrscht wurden und eine Wiederin-
betriebnahme der zwischenzeitlich abgestellten Reaktorblöcke wieder möglich ist.

Für die Planung des Kernkraftwerkes Niederamt ist von Bedeutung, dass die heute verfügbaren
Methoden zur Auslegung eines Kernkraftwerkes gegen Erdbebenlasten sich in der internationalen
Praxis bewährt haben. Durch Anwendung der standortspezifischen PEGASOS und PRP Ergeb-
nisse wird sichergestellt, dass die Betriebssicherheit des Kernkraftwerkes auch im Falle des Eintrittes
eines unwahrscheinlichen starken Erdbebens gewährleistet werden kann.

3.6.9 Externe Ereignisse geologischer und seismischer Ursache

Nachstehend werden in Frage kommende externe Ereignisse bewertet, die gemäss der Richtlinie ENSI-A05 (ENSI 2009a) für die PSA zu berücksichtigen sind.

Mögliche geologische Gefahren werden in kantonalen Gefahrenkarten ausgeschieden. Die interaktive Naturgefahrenhinweiskarte auf dem Mapserver des AfU Solothurn beinhaltet in der weiteren Standortumgebung nur Hochwasserereignisse. Externe Überflutungen sind in Kapitel 3.5 behandelt. Der 4.8 km lange Oberwasserkanal des WKW Gösgen besteht teilweise aus Einschnitt und Dammschüttung und gilt seit der Fertigstellung 1917 als stabil und weitgehend dicht. Dennoch wurde konservativerweise ein Dambruch in Überflutungsszenarien berücksichtigt (siehe Kapitel 3.5.2.7).

Erdbeben

Die Erschütterungsgefährdung durch Erdbeben am Standort wurde in Kapitel 3.6.3 dargestellt. Es gilt als gesichert, dass der Standort in einem Gebiet geringer Seismizität liegt. Zudem sind aus der weiteren Umgebung keine relevanten Störungzonen bekannt, die eine seismotektonische Gefährdung für den Standort KKN darstellen würden (Kapitel 3.6.4 und Kapitel 3.6.5.2).

Die Erdbebengefährdung ist ferner im Zusammenhang mit Dambruchrisiken von Bedeutung. Der Nachweis der Erdbebensicherheit des Oberwasserkanales des WKW Gösgen wird hier nicht geführt. Bei der Auswahl der Optionen für das Nebenkühlwassersystem wird vorsorglich davon ausgegangen, dass eine Nebenkühlwasserversorgung aus dem Oberwasserkanal bei einem sicherheitsrelevanten Erdbeben nicht zur Verfügung steht.

Die Störfallkombination Erdbeben/Dambruch wurde durch numerische Überflutungsberechnungen im Kapitel 3.5.2.7 untersucht (siehe Tabelle 3.5-8) und in Folgerungen hinsichtlich der Hochwassersicherheit des Hauptareales berücksichtigt.

Surface Faulting

Eine mögliche Standortgefährdung durch seismisch ausgelöste differenzielle Bewegungen der Geländeoberfläche entlang von aktivierten Störungzonen wurde in Kapitel 3.6.4.3 und Kapitel 3.6.5.2 untersucht und diskutiert. Aufgrund von seismotektonischen und geometrischen Parametern ist keine der erfassten Oberflächen- und Sockelstörungen in der Lage, differenzielle Bewegungen des Untergrundes am Standort auszulösen.

Erosion

Bedingt durch eine flache Topografie und günstige Bodeneigenschaften ist am Standort nur Erosion durch fließende Gewässer von Bedeutung. Das Potential der Ufererosion ist im Kapitel 3.5.2.7 anhand von numerisch berechneten Sohlschubspannungen bewertet. Eine Gefährdung durch Ufererosion ist nur auf lokale Stellen an den Kurvenaussenseiten der Aare beschränkt und kann dort durch bauliche Massnahmen behandelt werden. Das Projektareal wird nicht tangiert.

Andere Erosionsvorgänge wie z. B. durch Wind oder durch chemische Auslaugung im Untergrund (Subrosion) können als nicht zutreffend ausgeschlossen werden. Ebenso gilt die grossräumige Erosion (= Denudation) als nicht relevant, zumindest bis zur nächsten Eiszeit.

Hangrutschungen

Die Gefährdung durch geologisch bedingte Massenbewegungen und Hanginstabilitäten ist im Flachland grundsätzlich gering. Ereignisse wie Steinschlag, Fels- und Bergsturz, Lawinen und Murgänge können aufgrund der topografischen Verhältnisse des Standortes gänzlich ausgeschlossen werden. Als Ausnahme ist ein geringer Gefährdungsgrad durch Uferabbrüche entlang der Bordkante der Alten Aare zu erwähnen (siehe auch Kapitel 1.1). Ein solches flachgründiges Ereignis würde die freistehende Uferschutzzone betreffen und könnte jederzeit durch wasserbauliche Massnahmen behandelt werden.

Gemäss der interaktiven Naturgefahrenhinweiskarte des Kantones Solothurn (SOGIS 2008) treten die nächstgelegenen Rutschungsereignisse entlang der südlichen Talflanke bei Gretzenbach sowie im Kettenjura bei Erlinsbach und Lostorf auf. Die entsprechenden geologischen und topografischen Verhältnisse sind auf den Standort und dessen Umgebung nicht übertragbar.

Die obigen Aussagen zu Erosion und Hangrutschungen sind auch für den Fall eines Erdbebeneignisses gültig.

Bodenveränderung

Hier werden unterschiedliche Prozesse angesprochen, die zur dauerhaften Veränderung der Bodenbeschaffenheit des Baugrundes führen können. Darunter fallen Bodenverfestigung, Bodenverflüssigung (Liquefaction), Quellvorgänge/Hydratation und chemische Lösungsvorgänge (Subrosion als Spezialfall der Erosion). Von den hier aufgeführten möglichen Ereignissen ist nur jenes der Bodenverflüssigung von Belang und muss entsprechend in den Baugrunduntersuchungen behandelt werden. Es kann theoretisch in wassergesättigten und locker gelagerten Feinsandlagen bei Erdbeben auftreten und wurde in Kapitel 3.6.6.3 untersucht. Das diesbezügliche Gefährdungspotential des Standortes wird als sehr gering eingestuft. Quellfähige, veränderliche oder lösliche Gesteine (Anhydrit, Steinsalz u. ä.) sind im Untergrund des Standortes in relevanten Tiefen nicht vorhanden.

3.6.10 Ausblick

Eine zukünftige Änderung des geologischen Untergrundes über Jahrhunderte und Jahrtausende hinweg ist nicht zu erwarten. Aus der weiteren Umgebung sind keine aktiven geologischen Prozesse bekannt, die eine Veränderung des heutigen geodynamischen Zustandes bewirken könnten. Vulkanismus, ein seltenes geologisches Ereignis, stellt keine Gefährdung der Standortregion dar. Die jüngste vulkanische Tätigkeit erfolgte vor 7 Millionen Jahren im Gebiet Hegau und gilt seither als erloschen.

Anthropogene Einwirkungen, die in der Regel auf oberflächennahe Schichten beschränkt sind, (Bautätigkeit, Materialabbaustellen, Deponien, Aufschüttungen) beeinflussen die Stabilität des Baugrundes nicht. Mit natürlichen Lösungsvorgängen (Subrosion von Steinsalz und Anhydrit), Bergbau, Ölförderung, geothermischer Nutzung und ähnlichen Tätigkeiten, die alle zu einem Massendefizit oder Störung des Untergrundes und etwaigen Setzungen an der Oberfläche führen können, ist im Standortgebiet nicht zu rechnen.

Auch die Materialeigenschaften des Baugrundes werden langfristig keine Veränderung erfahren.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass die Standorteigenschaften des Projektareales KKN durch langfristige Veränderungen (geologisch oder anthropogen) nicht beeinträchtigt werden. Die geologische Stabilität des Untergrundes kann bis zur nächsten Eiszeit vorausgesetzt werden. Dieser Zeitraum dürfte um etwa zwei Größenordnungen länger sein als die Betriebsdauer des geplanten Kernkraftwerkes von ca. 60 Jahren

3.7 Netzanbindung von KKN

In Kernkraftwerken muss jederzeit die Möglichkeit gegeben sein, den Reaktor in einen sicheren, unterkritischen Zustand zu versetzen und den sicheren Zustand langfristig aufrecht zu erhalten.

Dazu dienen verschiedene Sicherheitssysteme, die einen gewissen Leistungsbedarf haben, der durch eine sichere Versorgung zu jeder Zeit gedeckt sein muss.

Dies wird auf einer ersten Ebene durch die Anbindung an ein möglichst versorgungssicheres externes Netz gewährleistet. Unabhängig davon stehen in weiteren Ebenen zusätzliche Systeme zur Deckung des Leistungsbedarfes zur Verfügung, namentlich interne Notstromsysteme (vgl. Kapitel 3.7.3 und Kapitel 3.7.4), die den Eigenbedarf von sicherheitsrelevanten Systemen versorgen.

3.7.1 Leistungsabfuhr am Standort ins bestehende Netz

3.7.1.1 Bestehendes Netz am Standort KKN

Der Standort KKN ist bezüglich Netzanbindung ein sehr geeigneter Standort für ein Kraftwerksprojekt. Die Unterwerke Gösgen 380-kV- und Gösgen 220-kV sind wichtige Netzknoten im schweizerischen Höchstspannungsnetz. Die beiden Netzknoten sind zudem durch einen 380/220-kV-Kuppeltransformator miteinander verbunden. Die zwei Kraftwerke Kernkraftwerk Gösgen (KKG) und das Wasserkraftwerk (WKW) Gösgen speisen ihre Stromproduktion in nächster Nähe in die zwei Netze ein.

Im Unterwerk (UW) Gösgen führen die 380-kV-Leitungen Gösgen - Mettlen 1, Gösgen - Mettlen 2, Gösgen - Laufenburg sowie Gösgen - Aspöck durch, in welche KKG seine Leistung abgibt.

Im Weiteren ist auf der 220-kV-Schiene das UW Gösgen mit den UW Ormalingen, UW Laufenburg, UW Flumenthal, UW Sursee und UW Mettlen verbunden. Das WKW Gösgen speist seine Produktion über die beiden 220/50-kV Transformatoren im UW Gösgen in das 220-kV-Netz ein.

3.7.1.2 Einbindung des KKN ins bestehende Netz

Die in den folgenden Kapiteln erwähnten Übersichtsschemata (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2) zeigen die Übersichtsschemata der Einbindung von KKN in die dannzumal im Rahmen der Erneuerung im Höchstspannungsnetz erstellten, eingehausten 380-kV- und 220-kV-Schaltanlagen. (UW Gösgen 380-kV und UW Gösgen 220-kV). Die restlichen auf den Übersichtsschemata (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2) dargestellten Anlagen unterliegen der rollenden Planung der jeweiligen Netzinhaber, mit der Konsequenz zu weitergehenden, späteren Änderungen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass neben der Einspeisung der Nettoleistung von 970 MW vom KKG eine zusätzliche elektrische Leistung von bis zu 1'920 MW des KKN über das bestehende 380-kV-Netz problemlos abgeführt werden kann. Durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, dass mit den unabhängig vom Projekt KKN geplanten Netzverstärkungsmassnahmen zwischen UW Gösgen 380-kV und UW Mettlen 380-kV die Gesamtleistung von ca. 2'900 MW abgeführt werden kann. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine bestehende 220-kV-Leitung zwischen Gösgen und Mettlen ebenfalls mit 380-kV zu betreiben. Mit dieser Massnahme könnten mit geringem Aufwand die Netzreserven nochmals wesentlich erhöht werden.

Im Zuge der Erneuerung der 380-kV-Schaltanlage in Gösgen ist geplant, die Anlage neu mit Doppelsammelschiene und Umgehungsschiene (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. a) auszuführen; dies stellt eine Verbesserung zur heutigen Ausführung beim KKG dar. Die neue 380-kV-Schaltanlage gehört nicht zum Projekt KKN, wird später aber für die Netzanbindung der Anlage mit benutzt werden.

Im Normalbetrieb speisen das KKG und das geplante KKN nicht auf die gleiche Sammelschiene; z. B. speist das KKG auf die Sammelschiene SS1 ein, das geplante KKN auf die Sammelschiene SS2. Die zwei Sammelschienen sind durch Kuppelschalter miteinander verbunden. Die Umgehungsschiene in Kombination mit den Kuppelschaltern dient ausschliesslich zur Störfreischaltung von fehlerhaften Komponenten und zu Wartungszwecken.

Die oben beschriebene Schaltung mit den zwei Sammelschienen und Kuppelschaltern stellt sicher, dass die zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN bei Störungen im 380-kV-Netz durch Öffnen der Kuppelschalter voneinander lokal getrennt werden können.

3.7.1.3 Störungen an der 380-kV-Sammelschiene in Gösgen

Durch die beschriebene Aufteilung auf zwei Sammelschienen ist der Ausfall der gesamten 380-kV-Schaltanlage infolge einer Störung einer einzelnen Schiene konzeptionell bedingt ausgeschlossen. Das Schutzsystem ist in der Lage, die fehlerbehaftete Schiene zu erkennen, diese wegzuschalten, sowie die Kuppelschalter zwischen den zwei Schienen SS1 und SS2 zu öffnen. Bei der gewählten Schienenzuordnung für KKG und KKN, sowie den vier abgehenden Leitungen, ist der Energieabtransport von mindestens einem Kraftwerksblock immer gewährleistet. Der Verlust beträgt bis zu 1'920 MW, was für das Transportnetz kein Problem darstellt. Der Unterbruch der Einspeisung eines Kraftwerksblockes hat durch die Möglichkeit der Trennung der Sammelschienen auf den anderen Kraftwerksblock keinen Einfluss.

Die beiden Kraftwerksblöcke KKG und KKN sind bis auf den Einspeiseknoten vollständig unabhängig und autonom. Der mögliche Auslöser für einen gleichzeitigen Lastabwurf beider Kraftwerksblöcke ist ein gleichzeitiges Schaltversagen der SS-Kuppel- und der SS-Längstrennschalter während dem Ansprechen des Sammelschienenschutzes. Die Wahrscheinlichkeit einer Auslösung des Sammelschienenschutzes kombiniert mit einem Schaltversagen der SS-Kuppel- und der SS-Längstrennschalter ist aber äusserst gering. Im Baubewilligungsverfahren von KKN wird diese Thematik noch genauer erörtert.

3.7.1.4 Bewertung

Die Energie der zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN kann vom Knoten Gösgen aus sicher abgeleitet werden. Eine Störung in der 380-kV-Schaltanlage Gösgen führt im ungünstigsten Fall zur Isolation (bezogen auf das externe Netz) eines Kraftwerksblockes. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf das Netz und der weitere Betrieb des zweiten Kraftwerksblockes wird nicht tangiert.

Ein kompletter Ausfall beider Sammelschienen ist äusserst unwahrscheinlich, wird jedoch im Bau-
bewilligungsverfahren vertieft behandelt.

3.7.2 Sicherstellen der Eigenbedarfsversorgung von KKN durch externe Netze

Die Versorgung des Eigenbedarfes des neuen Kraftwerkblockes KKN durch externe Netze wird gleichwertig zur Lösung des KKG realisiert. Folgende Betriebsarten werden unterschieden:

3.7.2.1 Normalbetrieb von KKN

Im Normalbetrieb wird bei Netzanbindungslösung 1 die Eigenbedarfsenergie (Abbildung 3.7-1, Pos. d) über den Transformator (Abbildung 3.7-1, Pos. c) von der Generatorschiene (Abbildung 3.7-1, Pos. b) bezogen. Bei Netzanbindungslösung 2 wird der Eigenbedarf (Abbildung 3.7-2, Pos. d) über den Transformator (Abbildung 3.7-2, Pos. c) und nach Umspannung (Generatorspannung auf 380-kV) durch die 380-kV-Ebene abgangsseitig des Haupttransformators bezogen (Abbildung 3.7-2, Pos. b).

3.7.2.2 KKN ausser Betrieb: 380-kV-Verbindung in die Schaltanlage Gösgen in Betrieb

In dieser Betriebsart wird bei Netzanbindungslösung 1 die Eigenbedarfsenergie ebenfalls von der Generatorschiene und über den Transformator (Abbildung 3.7-1, Pos. c) bezogen. Der Energietransport erfolgt von der Schaltanlage Gösgen 380-kV aus über den Maschinentransformator (Abbildung 3.7-1, Pos. e).

Bei Netzanbindungslösung 2 wird der Eigenbedarf über die 380-kV-Schiene und den Transformator (Abbildung 3.7-2, Pos. c) versorgt. Der Energietransport erfolgt von der Schaltanlage Gösgen 380-kV zur 380-kV-Sammelschiene KKN.

Der 380-kV-Knoten Gösgen verfügt über eine Ausspeisekapazität (Leistung, welche am erwähnten Knoten aus dem Netz bezogen werden kann) in der Grössenordnung der Leistung des geplanten Kraftwerkes KKN. Die Ausspeisekapazität liegt weit über dem möglicherweise gleichzeitig benötigten Eigenbedarf der zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN (ca. 10 - 100 MW). Die Belastung des Knotens Gösgen 380-kV ist somit gering.

3.7.2.3 KKN ausser Betrieb: 380-kV-Verbindung in die Schaltanlage Gösgen nicht in Betrieb

Wenn die 380-kV-Verbindung z. B. aufgrund von Revisionsarbeiten nicht in Betrieb ist, so erfolgt die Eigenbedarfsversorgung über eine zusätzliche 220-kV-Leitung (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. f) aus der Schaltanlage Gösgen 220-kV. Die Energie wird über eine Transformierung von 220-kV auf Eigenbedarfsspannung (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. g) auf die Eigenbedarfsschienen geführt.

Die Umschaltung der Versorgung von der 380-kV-Ebene auf die 220-kV-Ebene erfolgt im Anforderungsfall automatisch. Der 220-kV-Knoten Gösgen hat eine Ausspeisekapazität von ca. 2000 MW.

Die Deckung des Eigenbedarfes der zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN (ca. 10 - 100 MW) belastet somit den Knoten Gösgen 220-kV nur geringfügig.

3.7.2.4 Bewertung

Der Standort KKN / Gösgen, Knotenpunkt im schweizerischen Höchstspannungsnetz, ist aus Sicht der zuverlässigen Versorgung des Eigenbedarfes eines Kernkraftwerkes als sehr geeignet einzuschätzen. Die Versorgung ist durch die zwei Spannungsebenen des Schweizerischen Höchstspannungsnetzes (Transportnetzebenen) mit ihren hohen Verfügbarkeiten sichergestellt.

Bei Verlust der gesamten externen Versorgung wird auf die anlageinternen Notstromsysteme zurückgegriffen, diese werden ausführlich im Kapitel 3.7.3 beschrieben.

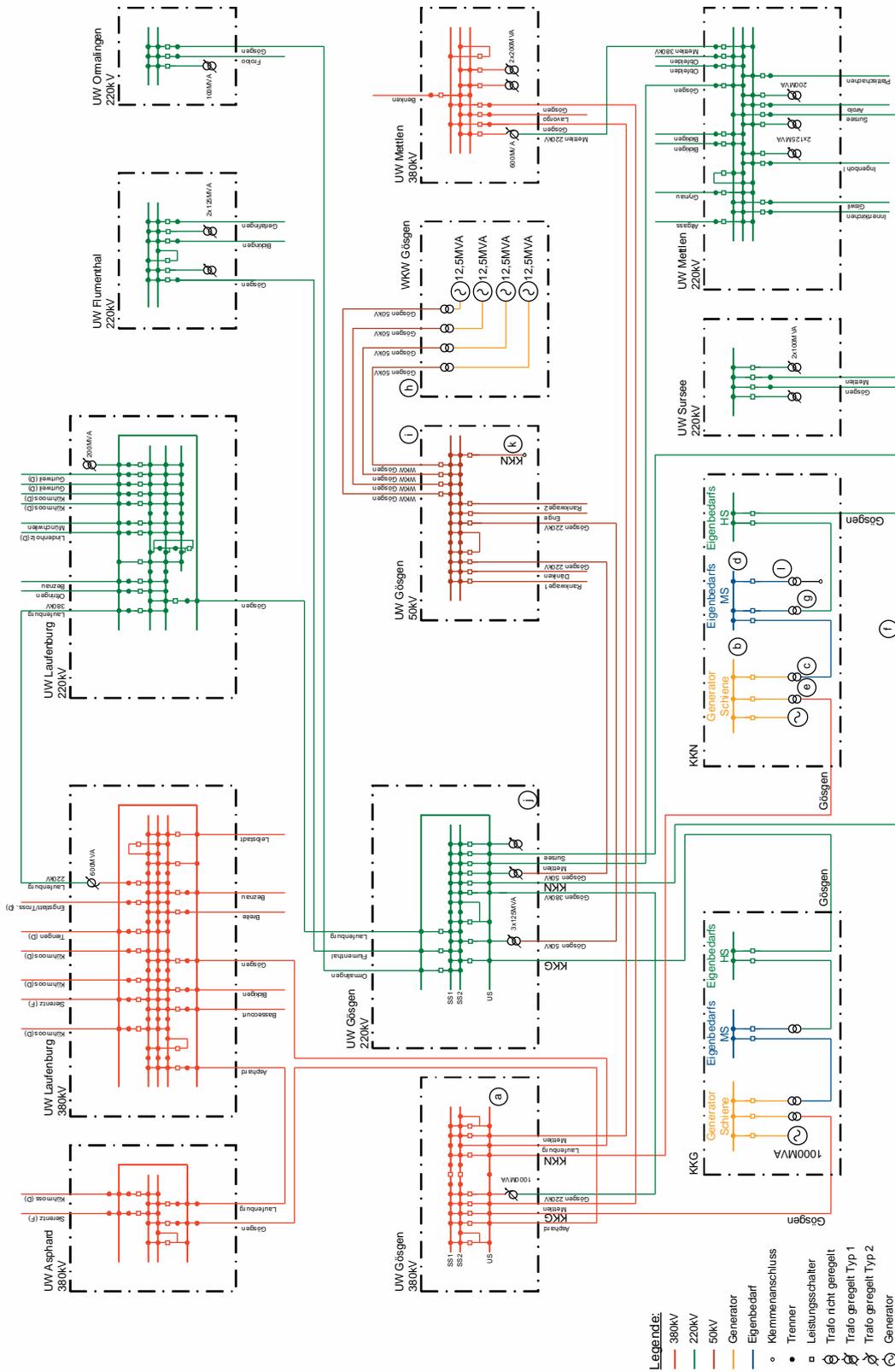


Abbildung 3.7-1 Übersichtsschema Netzanbindungslösung 1 (380-kV und 220-kV)

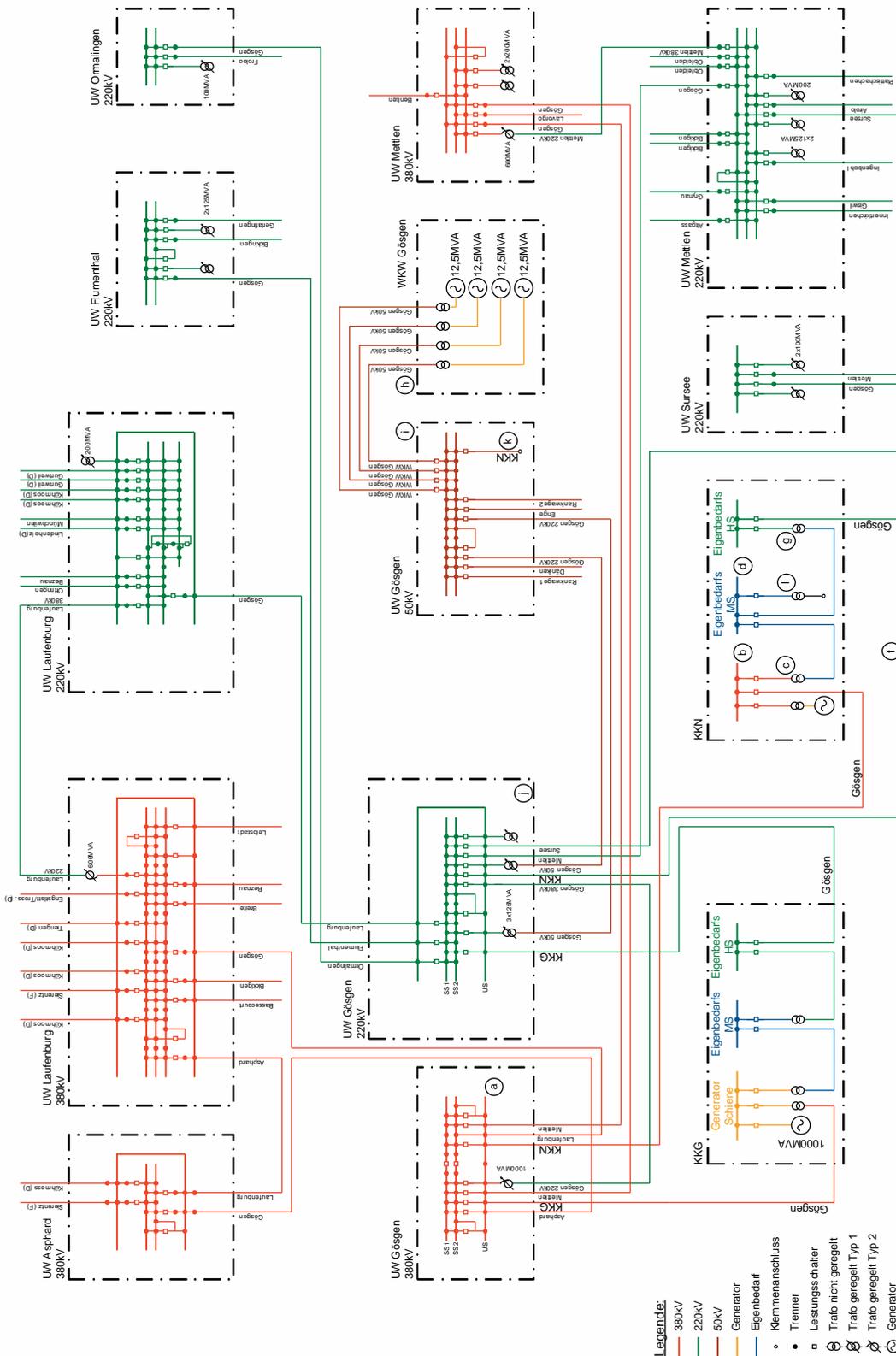


Abbildung 3.7-2 Übersichtsschema Netzanbindungslösung 2 (380-kV und 220-kV)

3.7.3 Sicherstellen der Eigenbedarfsversorgung von KKN bei totalem Ausfall der externen Netze

3.7.3.1 Notstrombetrieb/kurz- und mittelfristiger Betrieb von KKN

Stehen durch eine Verkettung von mehreren Störungen die beiden 380-kV und 220-kV Spannungsebenen sowie ein Inselbetrieb mit dem anlageninternen Turbinen-Generator-System nicht mehr zur Verfügung, wird die Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen Systeme über die anlageninterne Notstromversorgung gewährleistet. Das Hochfahren der Notstromversorgung und das gestaffelte Zuschalten der für das sichere Abfahren der Anlage erforderlichen Verbraucher erfolgt automatisch. Es stehen mehrere redundante, räumlich getrennte Stränge zur Verfügung, von denen jeder mit einem Notstromsystem ausgestattet ist.

Das gesamte Notstromsystem ist nach dem (n+2)-Prinzip redundant ausgelegt. Ein Fehler in einem Strang während Instandhaltungsarbeiten in einem anderen Strang wird damit jederzeit beherrscht. Vom Notstromsystem werden alle Sicherheitssysteme (inklusive sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher) mit Strom versorgt, die zum sicheren Abfahren des Reaktors und zum Abführen der Nachzerfalls- und Speicherwärme (Nachkühlung) benötigt werden.

Je nach Reaktortyp sind zum Teil weitere Absicherungen vorgesehen. Dabei werden bei einem Totalausfall aller Haupt- und Notstromsysteme die wichtigsten Sicherheitssysteme durch zusätzliche Notstromeinrichtungen (Notstandsstromversorgung) mit Strom versorgt.

3.7.3.2 Bewertung

Die Auslegung und Bewertung der Notstromsysteme für KKN sind anlagenspezifisch und erfolgen im Baubewilligungsverfahren.

3.7.4 Notstrombetrieb / längerfristiger Betrieb von KKN

3.7.4.1 Deckung des Eigenbedarfes von KKN durch das Wasserkraftwerk Gösgen

Kann die Eigenbedarfsversorgung von KKN über die externen Spannungsebenen 380-kV und 220-kV über längere Zeit nicht wiederhergestellt werden, und das WKW Gösgen ist noch im Betrieb, besteht die Möglichkeit, die Versorgung direkt ab dem WKW Gösgen durchzuschalten. Dieses ist zwar nicht erdbebensicher ausgelegt, steht aber bei den meisten anderen Auslegungsstörfällen noch zur Verfügung.

Dabei werden für die Versorgung vom KKN Eigenbedarf zwei Generatoren des Wasserkraftwerkes (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. h) über eine Spezierschaltung direkt mit dem KKN verbunden. Die Spezierschaltung soll wie folgt ausgeführt werden: Das WKW Gösgen speist in die 50-kV-Schaltanlage des Unterwerkes Gösgen (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. i) ein. Die 50-kV-Schaltanlage ist über zwei 125-MVA-Transformatoren (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. j) mit der 220-kV-Schaltanlage Gösgen verbunden. Alle fremden Verbraucher werden in der 220-kV-Schaltanlage weggeschaltet. Von der 220-kV-Schaltanlage Gösgen aus bis zum KKN erfolgt der Energietransport über die 220-kV-Leitung (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. f). Identische Einrichtungen stehen im Bedarfsfall bereits heute für das KKG zur Verfügung.

Die beschriebene Schaltung kann innerhalb 48 Stunden erstellt werden und garantiert eine permanente, brennstoffunabhängige Notstromversorgung der zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN von mindestens 12 MW (basierend auf einem ausgesprochen geringen Abfluss der Aare von 80 m³/s, vgl. Kapitel 3.5.2.3). Die garantierte Leistung genügt für die Notstromversorgung des bestehenden KKG sowie des geplanten KKN, wobei der Eigenbedarf der Kraftwerke auf ein Minimum reduziert wird. Diese Option bekräftigt die besondere Eignung des Standortes.

Sollte im Erdbebenfall die 220-kV-Schaltanlage Gösgen nicht mehr verfügbar sein, wird eine separate Verbindung direkt ab UW Gösgen 50-kV (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. k) zur Eigenbedarfsanlage des KKN innert weniger Tage erstellt und dort auf die notwendige Spannungsebene transformiert.

Das Wasserkraftwerk steht nicht für alle Auslegungsstörfälle zur Verfügung (Erdbeben). Trotzdem verbessert es in einem probabilistischen Ansatz die Betriebssicherheit. Eine diesbezügliche, detaillierte Abklärung wird Gegenstand der Arbeiten im Rahmen des Baubewilligungsgesuches sein.

Für die vorgenannte Versorgungsmöglichkeit ab UW Gösgen 50-kV ist in der Eigenbedarfsanlage ein geeigneter Transformator (Abbildung 3.7-1 und Abbildung 3.7-2, Pos. l) vorgesehen.

3.7.4.2 Weitere Möglichkeit zur Deckung des Eigenbedarfes von KKN

Als eine weitere alternative Versorgungsmöglichkeit bietet sich am Standort KKN die am Projektareal vorbeiführende 110-kV-Hochspannungsleitung ab UW Oberentfelden an.

3.7.4.3 Bewertung

Am Standort KKN bestehen durch das benachbarte WKW Gösgen und die 110-kV-Hochspannungsleitung weitere gute Möglichkeiten, auch bei einem längeren Ausfall der 380-kV- und 220-kV-Netze den Eigenbedarf von KKN zuverlässig zu decken.

3.7.5 Übersicht möglicher Rückfallszenarien

Je nach auslösendem Ereignis ergeben sich verschiedene Rückfallszenarien auf die verschiedenen Versorgungssysteme. Die nachfolgende Aufstellung zeigt die Rückfallabfolge der Versorgungssysteme bei den Ereignissen gemäss Tabelle 3.7-1 auf. Die effektive Verfügbarkeit der einzelnen Versorgungssysteme wird hier qualitativ beurteilt und nicht abschliessend behandelt, da auf das Ausmass bzw. die Intensität des auslösenden Ereignisses nicht eingegangen wird. Dies wird Gegenstand der Arbeiten im Rahmen des Baubewilligungsgesuches.

Erläuterung zur Tabelle 3.7-1: "1" entspricht der ersten Rückfallebene, die höchste Zahl in der Reihe vom jeweiligen externen Ereignis stellt die letzte Rückfallebene dar. Zudem sind Rückfallebenen, welche aufgrund von externen Ereignissen nicht zur Verfügung stehen, mit einem "-" gekennzeichnet. Die Verfügbarkeit einer Rückfallebene, die zusammen mit einer tief gestellten "1" dargestellt wird, ist aufgrund eines externen Ereignisses nicht in jedem Fall sichergestellt.

Tabelle 3.7-1 Rückfallszenarien der Stromversorgung

Externes Ereignis	Verweis (Tabelle 3.1-1, Kapitel 3.1.1)	Normalbetrieb (Stromabgabe)	380-kV-Netz (Strombezug)	220-kV-Netz (Strombezug)	Inselbetrieb, nur falls Funktionalität vorhanden	Notstromversorgung (Minimum 100 %)	Notstandsstromversorgung (falls vorhanden)	WKW Gösgen (langfristig)
Erdbeben (SSE) inkl. Hangrutschung, Flussbettverlagerung	3.6	-	-	-	-	1	2	-
Extreme Winde inkl. Tornado	3.4	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3	4	5	6 ₁
Externe Überflutung	3.5	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3	4	5	6 ₁
Flugzeugabsturz inkl. Trümmerstücke und Treibstoffbrand	3.3	-	1	-	2	3	4	5
			-	1				
Trockenheit	3.4, 3.5	0	1	2	3	4	5	6
Waldbrand	3.3	0	1	2	3	4	5	6
Hohe Sommertemperaturen	3.4	0	1	2	3	4	5	6
Vereisung	3.4, 3.5	0	1	2	3	4	5	6
Unfälle in Industrie- oder Militäranlagen	3.3	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3	4	5	6 ₁
Blitzschlag	3.4	0	1	2	3	4	5	6
Fluss-Niedrigwasser	3.5	0	1	2	3	4	5	6
Tiefe Wintertemperaturen	3.4, 3.5	0	1	2	3	4	5	6
Pipeline-Unfall	3.3	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3 ₁	4	5	6 ₁
Freisetzung von Chemikalien auf dem Anlagengelände	3.3	0	1	2	3	4	5	6
Verstopfung der Einlassrechen und -siebe durch vom Fluss transportiertes Material (wie Baumstämme, Äste, Blätter, Muscheln, Algen etc.)	3.5	0	1	2	3	4	5	6
Schnee(verwehungen)	3.4	0	1	2	3	4	5	6
Verkehrs-/Transportunfälle	3.3	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3	4	5	6 ₁

Die Tabelle 3.7-1 zeigt unter anderem, dass für die sichere Versorgung der Eigenbedarfssysteme von KKN die Höchstspannungsnetze nicht zwingend verfügbar sein müssen. Bei einem Ausfall der externen betrieblichen Anspeisungen für KKN aufgrund eines der oben aufgeführten externen Ereignisse stehen eine oder mehrere weitere Versorgungsmöglichkeiten wie der Inselbetrieb, die internen, redundanten Notstromversorgungseinrichtungen und das WKW Gösgen zur Verfügung. Das WKW Gösgen steht bei sehr vielen externen Ereignissen zur Verfügung, was aus der Tabelle 3.7-1 noch einmal deutlich wird.

3.8 Zusammenfassende Bewertung der Standorteigenschaften inklusive Ereigniskombinationen

3.8.1 Geographie und Bevölkerungsverteilung

Die Bevölkerungsverteilung um das KKN wurde gemäss den neuesten Zahlen aktualisiert. Gegenüber dem Stand vom 2002 zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme der Bevölkerungszahlen. Es sind aber in der näheren Umgebung des KKN keine neuen Siedlungszentren, Spitäler, Heime, Schulen etc. zu verzeichnen.

Die Bevölkerungsverteilung um den Standort ist von Bedeutung für die Beurteilung der Umweltauswirkungen von KKN (siehe Umweltverträglichkeitsbericht KKN 2008c). Zusammen mit der Verkehrsanbindung und den Ausbreitungsbedingungen in der Atmosphäre ist sie auch wichtig für die Beurteilung der Machbarkeit der Notfallplanung. Bei den für KKN in Frage kommenden Reaktoranlagen der 3. Generation werden die radioaktiven Freisetzungen selbst bei schweren Störfällen eng begrenzt, so dass sich Auswirkungen auf die unmittelbare Nahzone beschränken würden.

Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur des Zivil- und Bevölkerungsschutzes ist die vertikale Evakuierung in der Schweiz überall machbar. Was die Diskussionen über eine evtl. horizontale Evakuierung betrifft, so verfügt der Standort über leistungsfähige Verkehrswege innerhalb und ausserhalb der Zone 1, die ein rasches Verlassen dieser Zone ermöglichen.

Zusammenfassend kann der Standort KKN, auch bezüglich der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen, als geeignet bezeichnet werden.

In Bezug auf die Landnutzung kann weitestgehend ausgeschlossen werden, dass bei Störfällen in der Anlage Massnahmen zur Einschränkung des Konsumes von Lebensmitteln erforderlich werden. Nach einem Störfall mit Aktivitätsfreisetzung würden gleichwohl die in der Umgebung der Anlage produzierten Lebensmittel daraufhin kontrolliert, ob sie zum Konsum freigegeben oder allenfalls dem Konsum entzogen werden müssten.

Die Entwicklungen der Bevölkerungszahlen und -dichte sowie in der Landnutzung beeinträchtigen auch in Zukunft die Eignung des Standortes nicht.

3.8.2 Verkehrswege, Betriebe, Rohrleitungsanlagen, Wälder

Die Auswirkungen von Störfällen bei den benachbarten Verkehrswegen (inkl. im Luftverkehr), Betrieben und Rohrleitungsanlagen auf KKN sowie die Waldbrandgefährdung wurden untersucht.

Von Bränden oder Explosionen infolge eines störfallbedingten Austritts der Leitstoffe Benzin oder Propan aus Bahnkesselwagen, Tanklastwagen, Lagerbehältern oder von Erdgas aus Hochdruckleitungen, von der Freisetzung toxischer Gase sowie von Waldbränden gehen keine Gefahren aus, welche die Eignung des Standortes des geplanten Kernkraftwerkes Niederamt in Frage stellen oder besondere Schutzmassnahmen erfordern würden.

Im Baubewilligungsverfahren werden anhand von Risikoanalysen die Auswirkungen von Chlorfreisetzungen sowie Propan- und Erdgasfreisetzungen mit zeitverzögerter Zündung sowie das Eindringen von Gasen in KKN-Gebäude untersucht.

Die Eignung des Standortes KKN wird dadurch nicht tangiert.

Unabhängig von den ermittelten Absturzhäufigkeiten am Standort wird KKN deterministisch gegen Flugabsturz ausgelegt. Die Anforderungen zum Schutz der Anlage gegen Flugzeugabsturz werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

Im Baubewilligungsverfahren werden zwischenzeitlich erfolgte Änderungen bei benachbarten Verkehrswegen und Betrieben berücksichtigt.

Später müssen bei geplanten Änderungen oder bei der Neuplanung von Eisenbahn- und Strassenverkehrswegen sowie Betrieben in der Nachbarschaft von KKN die jeweiligen Bauherren und die zuständigen Behörden die potentiellen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb und die Anlagensicherheit von KKN berücksichtigen.

Bei der Auslegung gegen Flugzeugabsturz werden die zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuches im Einsatz befindlichen militärischen oder zivilen Flugzeugtypen berücksichtigt.

Auch unter Berücksichtigung der potenziellen Beeinflussung durch den Klimawandel bleibt die Waldbrandgefährdung am Standort sehr gering.

3.8.3 Meteorologie

In der Bewertung der meteorologischen Bedingungen am geplanten Standort wurden Einwirkungen von Wind (inkl. Tornados), Niederschlag (inkl. Schnee und Hagel), Blitzschlag und Lufttemperatur berücksichtigt.

Die ausgewerteten Wetterdaten und die daraus ermittelten Extremwerte liegen dabei ausschliesslich im Rahmen dessen, was mit üblichen Massnahmen in der Auslegung einer Anlage der 3. Generation berücksichtigt werden kann.

Für die Auswirkungen extremer Wettersituationen gilt, dass im ungünstigsten Fall die Anlage heruntergefahren werden müsste. Dies wäre lediglich darauf zurückzuführen, dass externe Einrichtungen wie z. B. die Netzanbindung durch starke Stürme, umherfliegende Objekte, etc. beschädigt würden. In keinem Fall wäre die nukleare Sicherheit der Gesamtanlage beeinträchtigt.

Bei den Stürmen ist in Mitteleuropa eher mit einer Abnahme der Häufigkeit zu rechnen. Gleichzeitig dürfte die Häufigkeit sehr starker Stürme zunehmen. Allgemein ist mit einer Zunahme extremer Wettersituationen in der Zukunft zu rechnen. Insbesondere ist nach Szenariorechnungen mit Klimamodellen mit einem erhöhten Auftreten von Temperaturextremen zu rechnen. Die Auswirkungen auf die geplante kerntechnische Anlage sind allerdings als sehr gering einzustufen und werden gegebenenfalls bei der Auslegung der Anlage im Baubewilligungsverfahren berücksichtigt.

3.8.4 Hydrologie

Massgebend für die Standortsicherheit ist aus hydrologischer Sicht in erster Linie die Hochwassergefährdung. Hierbei sind insbesondere Extremereignisse von Bedeutung. Zu diesem Thema wurden die Hochwasserereignisse analysiert und Extremwerte bestimmt. In diesem Zusammenhang wurde auch das „mutmasslich grösste Hochwasser“ (PMF) ermittelt. Mittels numerischer Modelle wurden die aus den mit Brückenverklausungen sowie mit Damm- und Wehrbrüchen kombinierten Extremhochwassern resultierenden Überflutungen simuliert. Auf der Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen kann die Hochwassersicherheit am Standort KKN im Baubewilligungsverfahren realisiert werden.

Extreme Niedrigwasserereignisse wurden anhand einer Extremwertanalyse untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Wasserbedarf für das Nebenkühlwassersystem und/oder die Löschwasserversorgung in allen Fällen gewährleistet ist.

Extremwertanalysen sowohl für die höchsten als auch für die niedrigsten Flusswassertemperaturen wurden ebenfalls durchgeführt. Im Baubewilligungsverfahren, bei der Auswahl der Nebenkühlwasseroptionen wird unter Berücksichtigung von diversitären Systemen abgeklärt, in welchem Umfang Extremwerte der Flusswassertemperatur deterministisch berücksichtigt werden müssen.

Der Standort von KKN befindet sich im Gewässerschutzbereich. Der darin befindliche Grundwasserleiter ist durch eine hohe Transmissivität und Ergiebigkeit gekennzeichnet. Selbst unter extremen meteorologischen Bedingungen kann der vom Oberflächenwasser beeinflusste Grundwasserspiegel nur geringfügig absinken.

Eine Grundwasserentnahme für Notstandsfälle und/oder Löschwasserversorgung bei KKN ist ohne sicherheitsrelevante Beeinflussung der Notstandsentnahme von KKG möglich. Die gegenseitige Beeinflussung der Grundwasserentnahme für Notstandsfälle bei KKG und KKN wird im Baubewilligungsverfahren detailliert behandelt, wenn alle Kriterien und Randbedingungen feststehen.

Die Auswirkungen des Bauvorhabens und der Bauwerke auf die Grundwasserströmung und die Grundwassernutzung sind insgesamt als sehr gering bis vernachlässigbar einzuschätzen. Diese Aspekte sind im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung detailliert behandelt.

3.8.5 Geologie

Die geologische Langzeitsicherheit des Standortes wird einerseits durch anhaltende geodynamische Prozesse und andererseits durch die Stabilität des Baugrundes bestimmt.

Gemäss der Erdbebengefährdungskarte der Schweiz liegt der Standort KKN in einem Gebiet mit geringer Erdbebengefährdung. Mittelland, Falten- und Tafeljura liegen - seismotektonisch gesehen - im Innern einer Kontinentalplatte, in welcher schwache bis mittlere Beben vorherrschen.

Um die Auswirkungen von oberflächennahen Erdbeben (Erschütterung, differenzielle Bodenbewegungen und Setzungen) abzuschätzen, wurden regionale und lokale seismotektonische Abklärungen durchgeführt. In einem Störungskatalog wurden alle grösseren und durch Reflexionsseismik explorierbaren Oberflächen- und Sockelstörungen erfasst und auf ihr seismisches Potential beurteilt. Aus der Studie kann gefolgert werden, dass die von diesen Störungen ausgehende Erdbebengefährdung am Standort durch Bodenerschütterungen und seismisch induzierte differenzielle Bewegungen (*surface faulting*) als gut bekannt und gering einzustufen ist. Die in der Standortumgebung beobachteten und postulierten Störungen (wie z. B. die Frobürg Struktur) in explorierbaren Tiefen von weniger als ca. 3 Kilometern besitzen alle nur eine begrenzte Ausdehnung und können nur ein Erdbeben geringer Magnitude auslösen. Ausserdem ist keine der Strukturen derart orientiert, dass sie - selbst bei einem hypothetischen Aufreissen der Bruchfläche bis auf die Geländeoberfläche - den Grundriss der geplanten Anlage tangieren würde. Signifikante Strukturen wie die Fribourg-Zone liegen in grosser Entfernung und haben somit ebenfalls nur ein geringes seismisches Gefährdungspotential für den Standort. Für die nicht explorierbaren Störungen in der tieferen Erdkruste liefern die PEGASOS-Modelle und die darauf basierenden Resultate weiterhin eine Grundlage, die bis zur Freigabe der PRP-Resultate Gültigkeit hat.

Die geringe seismische Aktivität am Standort spiegelt sich in den Beobachtungen während dem Betrieb des benachbarten KKW Gösgen wieder. In der rund 30-jährigen Betriebsdauer wurden nur vier Erdbeben, alle niedriger Magnitude registriert; die gemessenen Beschleunigungen lagen im Bereich von 0.001 g. Um die experimentelle Datengrundlage für die seismotektonische Charakteri-

Sicherheitsbericht für das KKN

-3.8 Zusammenfassende Bewertung der Standorteigenschaften inklusive Ereigniskombinationen-

sierung des Standortes KKN weiter zu verfeinern, wird ein Schwachbebennetz im Umkreis von 10 km erstellt. Dadurch werden zukünftig auch die schwächsten Ereignisse erfasst.

Im Rahmen des PRP wurden an den Standorten Gösgen und KKN im Zeitraum 2008 - 2009 umfangreiche erdwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Diese bestanden aus Bohrungen, hochauflösender Seismik, In-situ Bohrlochversuchen und Laborprogramm..Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass der geologische Aufbau, sowie die statischen und dynamischen Eigenschaften der Standorte KKG und KKN bezüglich der Erdbebengefährdung nahezu identisch sind und bestätigen die Eignung des Baugrundes für das Bauvorhaben KKN. Die Niederterrassenschotter stellen eine tragfähige Foundation dar. Eine mögliche Gefährdung durch seismisch induzierte Bodenverflüssigung in etwaigen eingeschalteten Sandzwischenlagen wurde durch gezielte Untersuchungen ermittelt. Basierend auf der hohen Lagerungsdichte der isolierten Sandlagen, die durch in-situ Feldversuche und zyklische Triaxialversuche nachgewiesen wurde, wird das Gefährdungspotential durch Bodenverflüssigung als sehr gering eingestuft.

Sowohl Bohrungen als auch hochauflösende seismische Untersuchungen haben keine detektierbare Störungen im Felsuntergrund des Standortes aufgezeigt. Auch die resultierenden Isohypsenkarten Basis Quartär und Top Effingen-Member lassen keine Unregelmässigkeiten bzw. keine Verwerfungen mit einem Versatz von >5 m (Explorierbarkeitsgrenze) erkennen. Bei mehreren Bohrungen wurden ausnahmslos kompakt gelagerte Ablagerungen der Bohnerz-Formation (Eozän) in Karren, Spalten und Karstschloten der Malmkalke angetroffen. Offene Hohlräume wurden keine angetroffen.

Für das dynamische Verhalten des Baugrundes während eines Erdbebens sind in erster Reihe die Scherwellen-Geschwindigkeiten V_s im Untergrund von Interesse. Die dynamischen Bodeneigenschaften von Boden und Fels am Standort wurden detailliert durch verschiedenste geophysikalische Methoden und Laborversuche evaluiert und als geeignet eingestuft.

Zusammenfassend kann aufgrund der verfügbaren experimentellen Datengrundlage gefolgert werden, dass der Baugrund am Standort KKN eine erdbebengerechte Foundation ohne grössere Probleme zulässt, wobei das dynamische Verhalten des Baugrundes bei der Auslegung des Kraftwerkes zu berücksichtigen ist.

Das nördlich der Alten Aare gelegene Teilareal Nord ist aufgrund seiner geologischen Lage am Rande der Talrinne differenziert zu beurteilen. Die Schotter als günstiger Baugrund keilen gegen Nordwest aus und werden vom nördlichen Rand her durch eingeschwemmte Schlammsande versetzt. Von Nordwest nach Südost nimmt die Schottermächtigkeit rasch zu und dementsprechend verbessert sich auch die Eignung des Baugrundes für tiefgründige Bauvorhaben.

Aus der vergleichenden Bewertung der Projektareale können folgende Schlussfolgerungen für die Anordnung der Bauten abgeleitet werden:

- Die Standortflächen südlich der Alten Aare bieten die beste Eignung für die dort vorgesehenen nuklear-relevanten Bauten. Die geologisch-geotechnischen Standorteigenschaften des Hauptareales und des Teilareales Süd sind als gleichermassen günstig und vergleichbar mit jenen des benachbarten KKG zu bezeichnen.

- Das linksufrige Teilareal Nord eignet sich für die in der Projektvariante 1 vorgesehenen Anlagen, nämlich im südöstlichen Teil Bauten des Hauptkühlwassersystemes und im westlichen und im nördlichen Teil verschiedene Neben- und Aussenanlagen.

Eine zukünftige Änderung des geologischen Untergrundes über Jahrhunderte und Jahrtausende hinweg kann ausgeschlossen werden. Sowohl die geodynamischen Prozesse als auch die Materialeigenschaften des Baugrundes werden langfristig keine Veränderung erfahren. Ebenfalls sind keine anthropogenen Tätigkeiten zu erwarten, die zu einer Störung des Untergrundes führen könnten (Bergbau, geothermische Nutzung etc.).

3.8.6 Netzanbindung von KKN

Die Energie der zwei Kraftwerksblöcke KKG und KKN kann vom Knoten Gösgen aus sicher abgeführt werden. Eine Störung in der 380-kV-Anlage führt im ungünstigsten Fall zur Isolation eines Kraftwerksblockes. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf das Netz und der weitere Betrieb des zweiten Kraftwerksblockes wird nicht tangiert.

Der Standort KKN / Gösgen, Knotenpunkt im schweizerischen Höchstspannungsnetz, ist aus Sicht der zuverlässigen Versorgung des Eigenbedarfs eines Kernkraftwerkes besonders geeignet. Die Versorgung ist durch mehrere Spannungsebenen des Schweizerischen Transportnetzes sowie durch die unmittelbare Nähe des Wasserkraftwerkes (WKW) Gösgen mit hoher Verfügbarkeit sichergestellt.

Ein Verlust der gesamten externen Versorgung wird durch das (n+2)-Prinzip des redundanten Notstromsystemes beherrscht, das längerfristig auch durch die exklusive Versorgung aus dem Wasserkraftwerk Gösgen unterstützt werden kann, falls dieses verfügbar ist. Das Wasserkraftwerk Gösgen als elektrischer Versorger in Störfallszenarien von KKG und KKN zählt europaweit zu den sicherheitstechnischen Besonderheiten und unterstreicht damit die besondere Eignung des Standortes KKN.

Je nach auslösendem Ereignis ergeben sich verschiedene Rückfallszenarien auf die verschiedenen Versorgungssysteme. Zusammenfassend zeigt folgende Aufstellung qualitativ die Rückfallabfolge der Versorgungssysteme (Basis Tabelle 3.7-1).

Erläuterung zur Tabelle 3.8-1: "1" entspricht der ersten Rückfallebene, die höchste Zahl in der Reihe des jeweiligen externen Ereignisses stellt die letzte Rückfallebene dar. Zudem sind Rückfallebenen, welche aufgrund von externen Ereignissen nicht zur Verfügung stehen, mit einem "-" gekennzeichnet. Die Verfügbarkeit einer Rückfallebene, die zusammen mit einer tief gestellten "1" dargestellt wird, ist aufgrund eines externen Ereignisses nicht in jedem Fall sichergestellt:

Tabelle 3.8-1 Übersicht über die Rückfallszenarien der Stromversorgung

Externes Ereignis	Normalbetrieb (Stromabgabe)	380-kV-Netz (Strombezug)	220-kV-Netz (Strombezug)	Inselbetrieb, nur falls Funktio- nalität vorhanden	Notstromversorgung (Minimum 100 %)	Notstandsstromver- sorgung (falls vorhanden)	WKW Gösgen (langfristig)
Verlust von (bis zu) 4 Versorgungsebenen Erdbeben	-	-	-	-	1	2	-
Pipeline-Unfall	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3 ₁	4	5	6 ₁
Verlust von bis zu 3 Versorgungsebenen Extreme Winde inkl. Tornados, Externe Überflu- tung, Unfälle in Industrie- oder Militäranlagen, Verkehrs-/Transportunfälle	0 ₁	1 ₁	2 ₁	3	4	5	6 ₁
Verlust von 1 Versorgungsebene Flugzeugabsturz inkl. Trümmerstücke und Treib- stoffbrand	-	1	-	2	3	4	5
	-	1					
Verstopfung der Einlassrechen und Siebe	-	1	2	-	3	4	5
Kein Verlust von Versorgungsebenen Trockenheit, Waldbrand, hohe Sommertemperatu- ren, Vereisung, Blitzschlag, Fluss-Niedrigwasser, Tiefe Wintertemperaturen, Freisetzung von Chemi- kalien auf dem Anlagengelände, Schnee(verwehungen)	0	1	2	3	4	5	6

Die Tabelle 3.8-1 zeigt unter anderem, dass für die sichere Versorgung der Eigenbedarfssysteme von KKN die Höchstspannungsnetze nicht zwingend verfügbar sein müssen. Bei einem Ausfall der externen betrieblichen Anspeisungen für KKN aufgrund eines der oben aufgeführten externen Ereignisse stehen eine oder mehrere weitere Versorgungsmöglichkeiten wie der Inselbetrieb, die internen, redundanten Notstromversorgungseinrichtungen und das WKW Gösgen zur Verfügung. Das WKW Gösgen steht bei sehr vielen externen Ereignissen zur Verfügung, was aus der Tabelle 3.8-1 noch einmal deutlich wird.

3.8.7 Ereigniskombinationen

Nach dem Auswahl- und Ausschlussverfahren im Kapitel 3.1 sind folgende Kombinationen von externen Ereignissen näher zu berücksichtigen:

- Erdbeben mit
 - Externer Überflutung (Damm-/Wehrbruch)
 - Hangrutschung
 - Fluss-Niedrigwasser bis zum Verlust des Oberwasserkanales
 - Flussbettverlagerung
 - Verstopfung der Einlassrechen und –siebe
 - Brand
 - Unfällen auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen
- Extreme Winde/Tornados mit
 - Flugzeugabsturz
 - Blitzschlag
- Externe Überflutung (Hochwasser/Damm-/Wehrbruch) mit
 - Ufererosion
 - Hangrutschung
 - Verstopfung der Einlassrechen und -siebe
- Ausgeprägt harte Sommerbedingungen mit
 - Hohen Lufttemperaturen
 - Hohen Wassertemperaturen
 - Trockenheit
 - Niedrigem Flusswasserabfluss/-spiegel
 - Niedrigem Grundwasserspiegel

3.8.7.1 Kombination von Erdbeben mit erdbebenbedingten externen Ereignissen

Die Anforderungen an die seismische Auslegung der Anlage bzw. die Bemessungsspektren werden im Zuge des Baubewilligungsverfahrens festgelegt.

Die Anlage wird nach den im Baubewilligungsverfahren festgelegten Anforderungen zur Erdbebenauslegung ausgelegt. Sie gilt deshalb als deterministisch erdbebensicher, d. h. die bei der Bemessung berücksichtigten Sicherheitsfunktionen sind nach dem Sicherheitserdbeben (SSE) unter Berücksichtigung der zur Einhaltung der Einzelfehler- und Instandhaltungskriterien erforderlichen Redundanzen gewährleistet. Die Anlage kann sicher abgeschaltet und in einen langfristigen sicheren Zustand überführt werden.

Die im vorangehenden Kapitel aufgeführten Folgeereignisse von Erdbeben können in vier Gruppen zusammengefasst werden:

- Externe Überflutung (Damm-/Wehrbruch)
- Hangrutschung, Fluss-Niedrigwasser bis zum Verlust des Oberwasserkanales, Flussbettverlagerung, Verstopfung der Einlassrechen und -siebe: hier wird zusammenfassend als Extremfall postuliert, dass die betroffene Nebenkühlwasserversorgung nicht mehr funktionsfähig ist. In Anlehnung an die Auslegung der Nebenkühlwassersysteme der bestehenden Anlage KKG gegen Erdbeben gilt eine Nebenkühlwasserversorgung aus dem Unterwasserkanal, bei entsprechender Auslegung der Einlaufbauwerke, aufgrund der Verbindung mit der Aare und dem Grundwasser als erdbebensicher. Falls die Option der Kühlzellen auf dem Gelände im Baubewilligungsverfahren gewählt wird, entfällt die Notwendigkeit einer zusätzlichen Wasserfassung aus dem Unterwasserkanal. Die optionalen Kühlzellen werden gegen das Sicherheitserdbeben (SSE) ausgelegt.
- Brand
- Unfälle auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen

Externe Überflutung (Damm-/Wehrbruch)

Die Anlage, d. h. auch die gegen Erdbeben ausgelegten Gebäude und Systeme wird gegen Hochwasser geschützt, in dem das Gelände so hoch aufgeschüttet wird, dass es bei den zu unterstellenden externen Überflutungen nicht überflutet wird. Zu den unterstellten externen Überflutungen gehören Damm- und Wehrbrüche, wobei für die Höhe der Überflutung unerheblich ist, ob ein Damm- oder Wehrbruch durch ein Erdbeben oder sonst irgendwelche Gründe verursacht wird.

Da die Anlage gegen Erdbeben ausgelegt ist und das Gelände bei Damm- und Wehrbrüchen nicht überflutet wird, hat die Kombination dieser beiden Ereignisse keine höheren Auswirkungen auf die Sicherheit der Anlage als jedes Ereignis separat betrachtet.

Verlust der Nebenkühlwasserversorgung aus dem Oberwasserkanal

In diesem Falle kommen die redundanten und/oder diversitären sicherheitsrelevanten Nebenkühlwasserversorgungen bzw. -systeme zum Einsatz. Zum heutigen Planungsstand sind folgende Optionen und Kombinationen daraus möglich:

- Nebenkühlwasserversorgung aus dem Unterwasserkanal (wie bei KKG)
- Kühlzellen auf dem Kraftwerksgelände
- Grundwasserbrunnen für Notstandsfälle (wie bei KKG)

Brand

Die Massnahmen zur Bekämpfung von Bränden als Folge eines Erdbebens werden im Brandschutzkonzept berücksichtigt. Das Brandschutzkonzept wird im Rahmen der G1-Unterlagen für die Bautechnik gemäss Anhang 4 (KEV 2004) und Anhang 3 der Richtlinie HSK-R-30 (HSK 1992a) erstellt und mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht. Die Details der Brandschutzmassnahmen werden im Baubewilligungsverfahren festgelegt.

Unfälle auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen

Unfälle auf benachbarten Verkehrswegen, bei Betrieben und Rohrleitungsanlagen als Folge von Erdbeben sind im Kapitel 3.3.2.8 "Störfälle in der Nachbarschaft infolge von Erdbeben" behandelt.

Bewertung

Alle erdbebenbedingten Ereignisse und Folgeereignisse werden durch die Auslegung der Anlage gegen Erdbeben inkl. Folgebrände unter Berücksichtigung von Folgeereignissen in benachbarten Anlagen und gegen externe Überflutungen sowie durch die redundante und diversitäre Auslegung der sicherheitsrelevanten Nebenkühlwassersysteme beherrscht.

3.8.7.2 Kombination von Extremwinden/Tornados inkl. Trümmerstücke und sonstige windgetragener Teile mit potenziellen weiteren ex- ternen Folgeereignissen

Flugzeugabsturz

Hier sind höchstens kleinere private Flugzeuge zu betrachten; die Piloten von grösseren Flugzeugen erkennen Stürme auf dem Radar und sind angehalten, diesen Wetterstörungen auszuweichen.

Der extrem unwahrscheinliche Fall eines durch Extremwinde inkl. Tornados verursachten Flugzeugabsturzes auf das KKN durch die Auslegung der Anlage gegen Extremwinde inkl. Tornados und Flugzeugabsturz abgedeckt.

Blitzschlag

In Kombination mit Extremwinden und Tornados sind Blitzschläge zu erwarten, d. h. dass die Häufigkeit der Kombination von Extremwinden und Blitzschlägen nicht wesentlich kleiner als diejenige der Extremwinde und Tornados selbst ist. Die Blitzschutzeinrichtungen sind entweder in den Gebäudestrukturen integriert (Gebäudeerdung), erdverlegt (Kraftwerkserdung) oder innerhalb von Gebäuden untergebracht (Anlagenteile und Elektronik). Durch entsprechende Auslegung sicherheitsrelevanter Gebäude sind die Blitzschutzeinrichtungen durch Extremwinde und Tornados nicht gefährdet. Sicherheitsrelevante Anlagenteile und Systeme sind zudem durch räumliche Trennung der Redundanzen vor redundanzübergreifenden Blitzeinschlägen geschützt.

Bewertung

Alle Ereignisse und Folgeereignisse aus Extremwinden und Tornados sind durch die entsprechende Auslegung der Anlage einschliesslich der räumlichen Trennung der Redundanzen der Sicherheitssysteme abgedeckt.

3.8.7.3 Kombination von externer Überflutung (Hochwasser/Damm- /Wehrbruch) mit potenziellen externen Folgeereignissen

Die Anlage, d. h. zumindest die für die Sicherheit relevanten Gebäude und Systeme, wird gegen Hochwasser geschützt, in dem das Gelände hinreichend hoch aufgeschüttet wird, so dass es bei den zu unterstellenden externen Überflutungen nicht überflutet wird.

Sicherheitsbericht für das KKN

-3.8 Zusammenfassende Bewertung der Standorteigenschaften inklusive Ereigniskombinationen-

Im Extremfall führen ein einzelnes oder mehrere der Folgeereignisse wie z. B. Ufererosion, Hangrutschung und Verstopfung der Einlassrechen und -siebe zum Verlust der einen oder noch extremer beider Nebenkühlwasserversorgungen aus dem Oberwasserkanal und dem Unterwasserkanal.

In diesem Fall kommen die redundanten und/oder diversitären sicherheitsrelevanten Nebenkühlwasserversorgungen bzw. -systeme zum Einsatz. Zum heutigen Planungsstand sind insgesamt folgende Optionen (inklusive Kombinationen davon) möglich:

- Nebenkühlwasserversorgung aus dem Oberwasserkanal (wie bei KKG)
- Nebenkühlwasserversorgung aus dem Unterwasserkanal (wie bei KKG)
- Kühlzellen auf dem Kraftwerksgelände
- Grundwasserbrunnen für Notstandsfälle (wie bei KKG)

Bewertung

Alle Ereignisse und Folgeereignisse aus externen Überflutungen werden durch die Auslegung der Anlage gegen externe Überflutungen und durch die redundante und diversitäre Auslegung der sicherheitsrelevanten Nebenkühlwassersysteme beherrscht.

3.9 Schlussbewertung

Aufgrund der im Kapitel 3 dargestellten, analysierten und bewerteten Standorteigenschaften wird die besondere Eignung des Standortes KKN für den Bau eines neuen Kernkraftwerkes bestätigt.

Die Eignung des Standortes gilt sowohl im Hinblick auf die natürlichen Eigenschaften (Meteorologie, Hydrologie, Geologie, Seismik und Baugrundverhältnisse) als auch auf die zivilisatorischen Eigenschaften (Besiedlung, Raumnutzung, Verkehrsanbindungen und Netzanbindung).

4 Strahlenschutztechnische Auslegungsgrundsätze

In diesem Kapitel werden die strahlenschutztechnischen Auslegungsgrundsätze für den Normalbetrieb der Anlage dargestellt. Die Begrenzung der Strahlenexposition bei Störfällen ist im Kapitel 2.3.2.2 behandelt.

4.1 Anforderungen an die Auslegung der Anlage hinsichtlich des Strahlenschutzes

Das Kernkraftwerk Niederamt (KKN) wird in strahlenschutztechnischer Hinsicht allen Anforderungen des schweizerischen Regelwerkes entsprechen, d. h. die Anlage wird allen einschlägigen Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien Genüge leisten.

Die grundlegenden Anforderungen des schweizerischen Rechtes an die Auslegung der Anlage hinsichtlich des Strahlenschutzes sind in folgenden Unterlagen definiert:

- Kernenergiegesetz (KEG 2003)
- Kernenergieverordnung (KEV 2004)
- Strahlenschutzgesetz (StSG 1991)
- Strahlenschutzverordnung (StSV 1994)
- Richtlinien HSK-R-07 (HSK 1995), HSK-R-11 (HSK 2003) und ENSI-G11 (ENSI 2009c) bzw. ihre Nachfolgeunterlagen

Diese grundlegenden Unterlagen werden Bestandteil der Ausschreibung sein. Damit wird die Konformität der zu erstellenden Anlage mit den schweizerischen Anforderungen hinsichtlich strahlenschutztechnischer Belange erreicht werden. Der Lieferant wird zudem verpflichtet, die jahrelangen Betriebserfahrungen mit vergleichbaren Anlagen für die Optimierung der Auslegung, auch hinsichtlich des Strahlenschutzes, heranzuziehen.

Falls keine schweizerischen Regeln vorliegen, können entsprechende Normen des Herkunftslandes des Lieferanten der Anlage (z. B. KTA, NRC, ASN, NSC) oder internationale Empfehlungen wie diejenigen der ICRP, IAEA, EU und NEA zur Anwendung kommen.

4.2 Grundsätze des Strahlenschutzes

Für die Gewährleistung des Strahlenschutzes des KKN werden entsprechend den schweizerischen Regelwerken Strahlenschutzgesetz (StSG 1991), Strahlenschutzverordnung (StSV 1994), als auch internationalen Empfehlungen (Euratom 1996, IAEA 2005, NEA 2005, ICRP 2006a, ICRP 2006b, ICRP 2007) die folgenden drei hierarchischen Prinzipien verfolgt:

- Rechtfertigung der Strahlenexposition
- Begrenzung der Strahlenexposition
- Optimierung des Strahlenschutzes

4.2.1 Rechtfertigung der Strahlenexposition

Mit der Existenz des Kernenergiegesetzes (KEG 2003) und der Kernenergieverordnung (KEV 2004) im schweizerischen Gesetzeswerk hat der Gesetzgeber zum Ausdruck gebracht, dass er die mit dem Betrieb eines Kernkraftwerkes verbundene Strahlenexposition prinzipiell in einem bestimmten Rahmen für gerechtfertigt hält.

Im Rahmen der Auslegung und im Betrieb des KKN werden Prozesse so gewählt, dass die mit ihnen verbundenen Vorteile die strahlungsbedingten Nachteile deutlich überwiegen und keine gesamthaft für Mensch und Umwelt günstigere Alternative ohne Strahlenexposition zur Verfügung steht (Art. 8 StSG 1991 und Art. 5 StSV 1994). Dabei gelten Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0.01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt.

4.2.2 Begrenzung der Strahlenexposition

KKN wird während der Projektierung, der Planung und des Baues sicherstellen, dass alle Massnahmen ergriffen werden, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik geboten sind, um die Strahlenexposition jeder einzelnen Person sowie der Gesamtheit der Betroffenen durch den Betrieb der Anlage und ihren Rückbau so gering wie vernünftigerweise erreichbar zu halten (Art. 9 StSG 1991).

4.2.2.1 Begrenzung der Strahlenexposition der Umgebungsbevölkerung

Der Schutz der Umgebungsbevölkerung vor radiologischen Auswirkungen aus dem Betrieb des Kernkraftwerkes wird im Wesentlichen durch hinreichende Wandstärken der Gebäude zur Abschirmung der Direktstrahlung aus der Anlage und durch hinreichend bemessene Rückhaltesysteme zur Begrenzung der Abgaben flüssiger, gas- und aerosolförmiger radioaktiver Stoffe erzielt.

Dadurch wird für die Umgebungsbevölkerung die Strahlenexposition durch die Direktstrahlung und die Abgaben radioaktiver Stoffe unter den entsprechenden Grenzwerten gehalten (Art. 37 und Art. 7 StSV 1994). Weitere Massnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition unterhalb der Grenzwerte werden im Rahmen der Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen getroffen (siehe Kapitel 4.2.3).

4.2.2.2 Begrenzung der Strahlenexposition des Personales

Durch entsprechende planerische Massnahmen werden für das Personal Voraussetzungen geschaffen, um bei Arbeiten mit potentiellen Strahlenexpositionen die Strahlenexposition zu begrenzen. Dies geschieht insbesondere durch die Verfolgung folgender Grundsätze:

- Eine entsprechende Auslegung der verschiedenen Systeme des Kraftwerkes hinsichtlich der funktionellen und organisatorischen Abläufe bei Betrieb, Unterhalt und Rückbau der Systeme.
- Die Wahl geeigneter Komponenten und Materialien für diese Systeme, mit dem Ziel die Anzahl der in der Anlage vorhandenen Strahlenquellen und die entstehenden Dosisleistungen möglichst gering zu halten. Für die Komponenten wird eine möglichst lange Lebensdauer mit einem minimalem Bedarf an Unterhalt angestrebt.
- Die Sicherstellung einer guten Zugänglichkeit der Komponenten für möglichst einfache, strahlenexpositionsarme Inspektionen und gegebenenfalls Unterhaltsarbeiten.
- Die Vorhaltung hinreichender Platzverhältnisse für zusätzliche Abschirmmöglichkeiten für Inspektionen und Unterhalt.

Damit wird die Strahlenexposition des Personales unter den entsprechenden Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung (Art. 35 und Art. 36 StSV 1994) gehalten. Weitere Massnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition unterhalb der Grenzwerte werden im Rahmen der Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen getroffen (siehe Kapitel 4.2.3).

4.2.3 Optimierung des Strahlenschutzes

4.2.3.1 Grundsätze der Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen

KKN wird die Strahlenschutzmassnahmen für die Anlage im Sinne von Art. 9 (StSG 1991) und Art. 6 (StSV 1994) optimieren. Hierzu gehört, dass hinsichtlich der Strahlenexposition gerechtfertigte Tätigkeiten unterhalb der Dosisgrenzwerte unter folgenden Bedingungen als optimiert gelten:

- Die gewählte Lösungsvariante entspricht der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik und wurde gegen die Vor- und Nachteile anderer Optionen abgewogen. Dies umfasst das ALARA-Prinzip (siehe unten).
- Der Entscheidungsweg zur gewählten Lösung ist nachvollziehbar.
- Das Auftreten von Störfällen und die Beseitigung dabei auftretender Strahlenquellen werden berücksichtigt.

Diesen drei Bedingungen für die Optimierung des Strahlenschutzes für die Umgebungsbevölkerung und das Personal wird während der Projektierung, der Planung, des Baues sowie später beim Betrieb der Anlage durch intensive fachbezogene strahlenschutztechnische Mitarbeit und Begleitung des Vorhabens durch erfahrene Strahlenschutzfachpersonen entsprochen. Auch die jahrelangen Betriebserfahrungen mit vergleichbaren Anlagen werden für die Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen herangezogen.

Die Optimierungsmassnahmen werden sowohl auf die einzelnen Tätigkeiten als auch auf die Arbeitsabläufe angewandt. Führen die Tätigkeiten aller damit befassten beruflich strahlenexponierten Personen zu effektiven Individualdosen von nicht mehr als 0.1 mSv pro Jahr, so ist der Grundsatz der Optimierung erfüllt. Unterhalb von 0.01 mSv pro Jahr gelten Tätigkeiten grundsätzlich als gerechtfertigt und optimiert (HSK-R-11: HSK 2003).

Das ALARA-Prinzip

Das im praktischen Strahlenschutz langjährig bekannte und angewandte ALARA-Prinzip - "to keep all exposures as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account" - wird heute durch die International Commission on Radiological Protection ICRP wie folgt umschrieben (ICRP-Veröffentlichung 103: ICRP 2007): "the likelihood of incurring exposures (where these are not certain to be received), the number of people exposed, and the magnitude of their individual doses should all be kept as low as reasonably achievable, taking into account economic and societal factors."

In Anlehnung an die Formulierung in der deutschen Fassung der ICRP-Veröffentlichung 60 (ICRP 1993) bedeutet dies übersetzt, dass die Strahlenexposition so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar gehalten wird, unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Faktoren. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit potentieller Strahlenexpositionen (falls diese nicht mit Sicherheit auftreten), der Anzahl strahlenexponierter Personen, als auch der Höhe der Individualdosen.

4.2.3.2 Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen für eine möglichst geringe Strahlenexposition der Umgebungsbevölkerung

Für die Umgebungsbevölkerung ist bereits die Festlegung eines quellenbezogenen Dosisrichtwertes in der HSK-R-11 (HSK 2003) von 0.3 mSv/Jahr für den Standort von Kernanlagen unterhalb des Grenzwertes von 1 mSv/Jahr entsprechend Art. 37 (StSV 1994) eine Massnahme der Optimierung (Art. 7, StSV 1994).

KKN wird eine der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechende Anlage sein. Mit den im Kapitel 4.2.2.1 erwähnten Massnahmen wird angestrebt, dass sowohl die Direktstrahlung und die Abgaben radioaktiver Stoffe aus der Anlage als auch die daraus resultierende Strahlenexposition der Umgebungsbevölkerung im selben Bereich wie bei den bestehenden neueren schweizerischen Kernkraftwerken Gösgen und Leibstadt oder darunter liegen. Auch im internationalen Vergleich werden die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung im unteren Bereich sein. Die aus den Abgaben radioaktiver Stoffe resultierende maximale effektive Dosis der Umgebungsbevölkerung wird in der Regel im Normalbetrieb unterhalb der Schwelle von 0.01 mSv pro Jahr liegen, die nach Art. 5 und 6 (StSV 1994) in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gilt.

4.2.3.3 Optimierung der Strahlenschutzmassnahmen für eine möglichst geringe Strahlenexposition des Personales

Die Umsetzung der in Kapitel 4.2.2.2 aufgeführten Grundsätze für die Planung und den Bau der Anlage führen unter der Mitwirkung erfahrener Strahlenschutzfachpersonen bereits zu einer Begrenzung der Strahlenexposition des Personales unterhalb der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung. Zusätzlich wird KKN gemäss den im Kapitel 4.2.3.1 aufgeführten Grundsätzen der Strahlenschutzoptimierung die Strahlenexposition des Personales entsprechend dem ALARA-Prinzip so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar halten, unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Faktoren.

4.3 Vorschlag für den quellenbezogenen Dosisrichtwert für KKN mit Begründung

Die Gesuchstellerin schlägt für den gleichzeitigen Leistungsbetrieb von KKG und KKN als quellenbezogenen Dosisrichtwert für den Standort einen Wert von 0.3 mSv/Jahr vor. Der Wert liegt sowohl unterhalb des Grenzwertes von 1 mSv/Jahr für nichtberuflich strahlenexponierte Personen gemäss Art. 37 (StSV 1994) und entspricht in Übereinstimmung mit internationalen Empfehlungen dem in der Richtlinie HSK-R-11 (HSK 2003) für einen Standort festgesetzten Richtwert von 0.3 mSv/Jahr. Die aus diesem quellenbezogenen Dosisrichtwert abzuleitenden Kurzzeit- und Langzeit-abgabelimiten für das KKN werden im Betriebsbewilligungsverfahren unter Berücksichtigung der Abgabelimiten für KKG festgelegt.

4.4 Einhaltung der Immissionsgrenzwerte und deren Überwachung

Mit den aus dem quellenbezogenen Dosisrichtwert später abzuleitenden Abgabelimiten für die Anlage sowie deren Überwachung an den Emissionsstellen sind mit der nachfolgenden Verdünnung im Vorfluter bzw. in der Luft auch die Immissionsgrenzwerte entsprechend Art. 102 (StSV 1994) hinsichtlich der Abgaben radioaktiver Stoffe erfüllt.

Die Immissionen und die Ortsdosisleistung der Anlage werden im üblichen Rahmen gemessen und die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte verifiziert. Hierzu gehören Messungen

- der Luftaktivität
- der Aktivität des Regenwassers
- der Bodenaktivität
- der Aktivität des Vorfluters
- der Aktivität des Grundwassers
- der Aktivität der Nahrungsmittel, Futtermittel und übriger Pflanzen
- der Aktivität der Sedimente, Schwebstoffe, des Planktons und der Wasserpflanzen des Vorfluters sowie
- der Ortsdosisleistung

Das Umgebungsüberwachungsprogramm des KKN wird mit dem entsprechenden Programm des KKG koordiniert werden.

4.5 Gegenwärtige radiologische Situation am Standort KKN

Die gegenwärtige radiologische Situation des Standortes ist durch die radiologische Umgebungsüberwachung des Kernkraftwerkes Gösgen (KKG) gut belegt und in den jährlichen Strahlenschutzberichten von HSK/ENSI ausführlich dokumentiert.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung des KKG können für KKN als Ergebnisse von Nullpegelmessungen gemäss Art. 81 (StSV1994) verwendet werden.

Kernkraftwerk Gösgen (KKG)

Entsprechend den Ergebnissen der über 30-jährigen Umgebungsüberwachung des KKG liegt bis heute kaum eine künstliche Beeinflussung der Ausgangssituation vor. Geringe Spuren von Tritium (H-3) in Wasserproben der Aare und C-14 in Baumblättern sind feststellbar. Die gemessenen Konzentrationen liegen weit unterhalb der Immissionsgrenzwerte entsprechend Art. 102 (StSV 1994).

LEONI Studer AG

Die Firma LEONI Studer AG betreibt im Werk Hard verschiedene Bestrahlungsquellen für die Kunststoffvernetzung und medizinische Sterilisation mit sehr hohen Strahlungsintensitäten. Diese Quellen sind jedoch so gut abgeschirmt, dass sie ausserhalb der Anlagen radiologisch nicht nachweisbar sind. Da die Abschirmungen sehr massiv sind, lassen sich diese auch mit erheblichem Aufwand nicht ohne weiteres entfernen.

Weitere Betriebe

In den umliegenden Gemeinden Dulliken, Niedergösgen, Lostorf, Schönenwerd, Däniken sowie Obergösgen gibt es gemäss Bundesamt für Gesundheit (BAG) 26 bewilligte medizinische Röntgenanlagen sowie 8 bewilligte nichtmedizinische Strahlenquellen (Stand 2008). Diese Anlagen werden mit Vollschutzeinrichtungen oder in sonst abgeschirmten Räumen betrieben.

Die Strahlenexposition in der Umgebung durch medizinische und technische Röntgenanlagen sowie Bestrahlungsquellen ist laut BAG unbedeutend und zu vernachlässigen.

4.6 Strahlenschutzkonzept

Das Strahlenschutzkonzept der Gesamtanlage wird im Rahmen der G1-Unterlagen gemäss Anhang 4 (KEV 2004) und Anhang 3 der Richtlinie HSK-R-30 (HSK 1992a) erstellt und mit dem Baubewilligungsgesuch eingereicht. Im Strahlenschutzkonzept werden Konzepte für Radiologische Zonen, Abschirmung, Umgebungsüberwachung, Raum-, System- und Emissionsüberwachung dargestellt.

5 Wichtige personelle und organisatorische Angaben

Im Rahmen dieses Sicherheitsberichtes werden die grundlegenden Anforderungen an Qualitätsmanagement, Organisation und Personal sowie dessen Qualifikation zusammengefasst. Diese Grundzüge beruhen auf den gesetzlichen Anforderungen, wie sie in Kapitel 5.5 aufgelistet sind. Der Aufbau der Organisationen (Projekt-, Bau-, Betriebsorganisation) und die Anforderungen an das Personal erfolgen auf der Basis allgemein anerkannter Methoden (Rüegg-Stürm 2002).

Mit den Darstellungen in den folgenden Kapiteln wird aufgezeigt, dass die Grundlagen für die personellen und organisatorischen Angaben in dieser frühen Phase des Projektes wie gefordert vorhanden sind. Die Gesuchstellerin zeigt auf, dass sie auf den Gebieten Organisationsentwicklung im Nuklearbereich, Qualitätsmanagement und Human and Organisational Factors (HOF) Engineering industrielle Erfahrung hat, welche in späteren Projektphasen umgesetzt wird. Die folgenden Beschreibungen sind beispielhaft und können im RBG nicht abschliessend wiedergegeben werden. In Abhängigkeit des Projektfortschrittes wird die erforderliche Weiterentwicklung vorgenommen.

Die Gesuchstellerin verpflichtet sich von Anfang an zur Führung und Umsetzung des Projektes für ein neues Kernkraftwerk unter Beachtung der Sicherheit mit erster Priorität. Dazu wird, sobald es von der Personalorganisation her Sinn macht, ein Leitbild zur Sicherheitskultur aufgestellt und im gesamten Projektverlauf angewendet. In Abhängigkeit des Projektverlaufes wird dieses Leitbild regelmässig überprüft und nachgeführt (siehe Kapitel 5.4.6).

5.1 Zeitliche Abstimmung

Das vorliegende Kapitel zeigt auf, welche personellen und organisatorischen Vorkehrungen in zeitlicher Abhängigkeit zum Bewilligungsverfahren getroffen werden (siehe auch Kapitel 5.3, Organisation). Diese Abstimmung mit dem Projektverlauf wird die Qualitätssicherungsmassnahmen, die Aspekte der Sicherheitskultur und die Fach- und Sachkunde im erforderlichen Ausmass rechtzeitig sicherstellen. Dabei werden auch die in den bestehenden Werken in Bezug auf Organisation, Projektmanagement, Qualitätsmanagement, Sicherheitskultur, Ausbildung, im Betrieb gemachten Erfahrungen und den in den HSK-/ENSI-Richtlinien enthaltenen und vorgeschriebenen Zeiten für die Berufserfahrung berücksichtigt.

Das Bewilligungsverfahren zusammen mit dem Gesamtprojektverlauf ist bestimmend für den definitiven Aufbau der Organisation und die Rekrutierung und Ausbildung des gesamten Personales. Dies erfolgt in enger zeitlicher Abstimmung. Grundsätzlich werden die drei Hauptphasen Rahmenbewilligung, Baubewilligung und Betriebsbewilligung unterschieden.

Für die Phase Rahmenbewilligung wird im vorliegenden Sicherheitsbericht unter anderem Auskunft über wichtige personelle und organisatorische Angaben gegeben. Angaben zu Personal und Organisation zur Sicherung des KKN befinden sich im Sicherheitsbericht (KKN 2008a).

Ist die Rahmenbewilligung erteilt, wird die Personalrekrutierung in Abhängigkeit der jeweiligen Phase des gesamten Projektes eingeleitet. Dazu wird die Aufbauorganisation bestimmt. Diese richtet sich nach den Anforderungen in Abhängigkeit des Projektfortschrittes. Für jede Funktion innerhalb der Struktur wird eine Stellenbeschreibung erstellt. Aus dieser Stellenbeschreibung gehen notwendige Angaben u. a. über Anforderungen, Kompetenzen, Ausbildung, Weiterbildung, Erfahrung, für den künftigen Funktionsinhaber hervor.

Zur Sicherstellung dieser Aspekte findet ein regelmässiger Erfahrungsaustausch mit den bestehenden Kernkraftwerken statt.

Für die Phase Baubewilligung wird neben den Unterlagen gemäss Anhang 4 (KEV 2004) ein Qualitätsmanagement-Programm (QM-Programm) für die Projektierungs- und Bauphase vorgelegt. Dieses QM-Programm hat Einfluss auf personelle und organisatorische Bereiche.

Eine weitere Aufgliederung kann insofern vorgenommen werden, als für die Phase Baubewilligung ein Konzept der Organisation und des Personaleinsatzes vorgelegt wird (Anhang 4, KEV 2004). Dieses Konzept enthält die organisatorische Gliederung, den Personalbestand, die Personalausbildung und den Personaleinsatz während der Bauphasen, sowie ein Aus- und Weiterbildungskonzept. Für die erste Baufreigabe wird die Gestaltung der Organisation vorgelegt. Diese enthält detailliertere Angaben in Bezug auf die organisatorischen Festlegungen, Pflichtenhefte für jede Funktion, Ausbildungsprogramm für die Inbetriebsetzung sowie vorläufige Betriebsdokumente, Reglemente und Arbeitsabläufe.

In der dritten Phase Betriebsbewilligung werden die organisatorischen und technischen Dokumente gemäss Anhang 3 (KEV 2004) und die erforderlichen Unterlagen gemäss Anhang 4 (KEV 2004) beigebracht. Dies auch in Übereinstimmung mit Art. 30 (KEV 2004), Anforderungen an die Organisation.

Eine der Voraussetzungen für die Erlangung der Betriebsbewilligung ist der Fachkundenachweis. Dieser enthält den Nachweis der Eignung und der Fachkunde des gesamten Personales, wie in der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK 2006) gefordert. Auf die Freigabe der Inbetriebnahme und des Leistungs- bzw. Dauerbetriebes hin werden die Festlegungen für den Dauerbetrieb vorgelegt. Diese bestehen aus dem Festschreiben des Personalbestandes und der Aus- und Weiterbildungsprogramme für den Dauerbetrieb.

5.2 Qualitätsmanagement

5.2.1 Qualitätssicherung für die Ausarbeitung der Unterlagen für das Rahmenbewilligungsgesuch

Die nachstehenden Erläuterungen stellen das Qualitätsverständnis dar, wie es zur Erarbeitung des vorliegenden Rahmenbewilligungsgesuches von sämtlichen beteiligten Stellen angewendet wurde. Der Fokus betreffend Qualität liegt auf nachfolgenden Aspekten:

- Ausführliche, eindeutige Definition und Spezifikation der zu erledigenden Aufgaben
- Festlegung und Beschreibung der Schnittstellen im Projekt, Definition von Verantwortlichkeiten
- Fortlaufende Fortschritts- und Qualitätsprüfung einzelner Ergebnisse sowie der gesamten Dokumentation
- Systematischer Reviewprozess mit entsprechenden Änderungen und Korrekturen
- Fortlaufende Prüfung der Erfüllung aller für das Vorhaben relevanten Gesetze, Verordnungen und Vorschriften

Hauptziel dabei war die Etablierung wiederholbarer, stabiler Arbeitsprozesse, um kontinuierliche Verbesserungen von Projekt und Gesuchsunterlagen zu bewirken. Basis zu diesem Qualitätsprozess bildet eine fortgesetzte Verbesserung gemäss dem Deming-Zyklus (Plan-Do-Check-Act, PDCA, Abbildung 5.2-1).

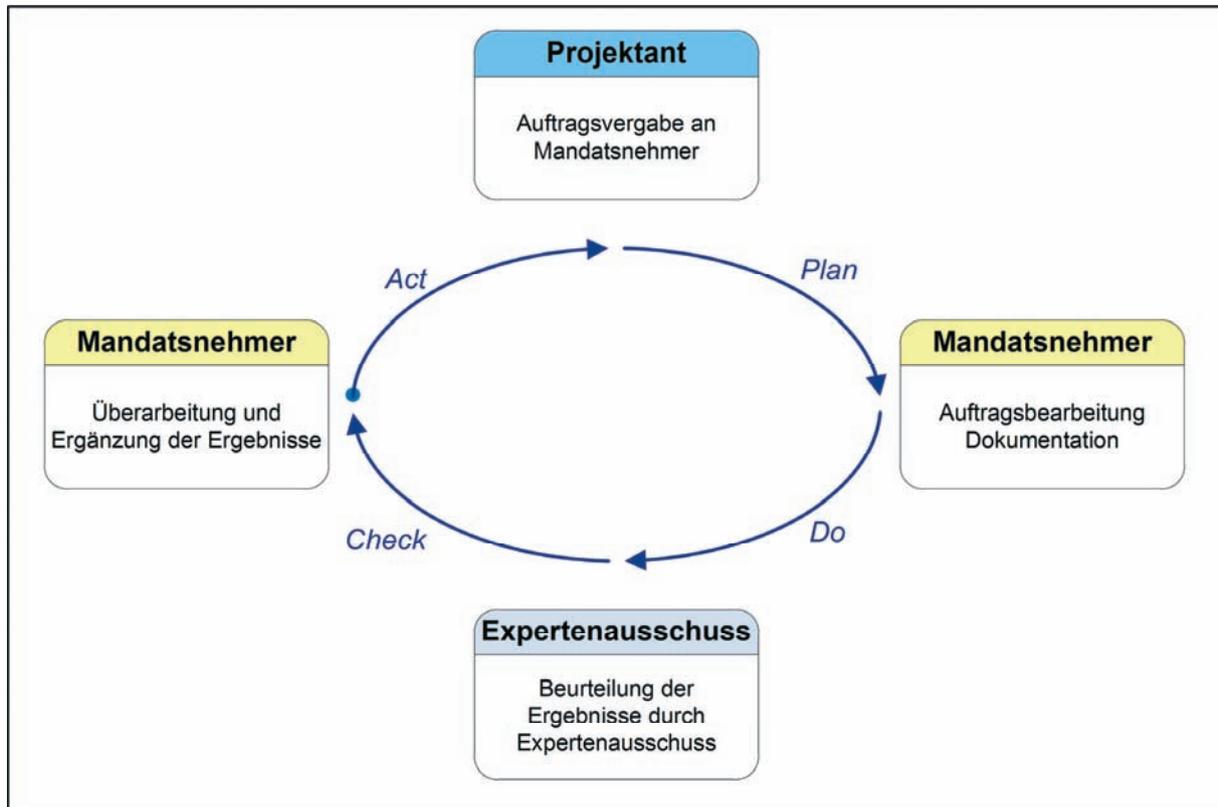


Abbildung 5.2-1 Qualitätssicherung für das Rahmenbewilligungsgesuch

Die beauftragten Unternehmen AF-Colenco AG, BSB+Partner, Ingenieure und Planer (in der Tabelle 5.2-1 BSB+Partner genannt) sowie Gähler und Partner AG arbeiteten dabei nach deren auf der ISO 9001:2000-Zertifizierung basierenden Geschäftsprozessen. Sämtliche Aktivitäten im Geschäftsbereich der Kerntechnik von AF-Colenco AG orientierten sich zudem an der Zertifizierung nach den Anforderungen der KTA-Regel 1401 (KTA 2001). Für die Erstellung sämtlicher Dokumentationen wurde auf die schweizerischen Gesetze und Verordnungen, die HSK-/ENSI-Richtlinien, IAEA-Empfehlungen sowie soweit zutreffend auf alle relevanten, einschlägigen Normen und Regelwerke von KTA, ANSI, ASME, SIA, ISO, DIN, VDI/VDE zurückgegriffen. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend, je nach Bedarf wurden ergänzende Normen und Regelwerke beigezogen.

In der Tabelle 5.2-1 sind die übergeordneten Qualitätssicherungsmaßnahmen in Beziehung zu den beteiligten Akteuren aufgeführt.

Tabelle 5.2-1 Qualitätssicherungsmassnahmen in Beziehung zu den beteiligten Akteuren

Akteure	Vertreten durch:	Aufgabe	QS/QM
Plan: Formulierung der Anforderungen und Planung der Umsetzung (Auftragsdefinition)			
Projektant	Atel	Auftragserteilung gem. KEG/KEV Definieren von Good Practice	Projektentwicklung gemäss Projekthandbuch
Gremien / Branchen	Arbeitsgruppe Sicherheitsbericht	Definition von Inhaltsverzeichnis und Detaillierungsgrad von Sicherheitsbericht, Sicherungsbericht, Konzept für die Stilllegung, Nachweis für die Entsorgung	
	Arbeitsgruppe UVB/RP	Definition von Inhaltsverzeichnis und Detaillierungsgrad von UVB/RP	
Do: Realisierung der geplanten Aktivitäten gemäss den inhaltlichen und verfahrenstechnischen Vorgaben.			
Mandatsnehmer	AF-Colenco AG	Mandatsleitung Auftragserarbeitung gemäss KEG/KEV	Geschäftsprozesse zertifiziert gemäss ISO9001:2000 und KTA 1401
	BSB+Partner	Auftragserarbeitung gemäss KEG/KEV	Geschäftsprozesse gemäss ISO9001:2000 zertifiziert Anwendung der einschlägigen Regelwerke von SIA, BAFU Umgang mit Geodaten gemäss den Grundsätzen zur amtlichen Vermessung
	Gähler und Partner AG	Auftragserarbeitung gemäss KEG/KEV	Geschäftsprozesse gemäss ISO9001:2000 zertifiziert Anwendung der einschlägigen Regelwerke von SIA
Check: Prüfung von Prozessablauf und dessen Resultate, Identifizierung von Mängeln, Abweichungen und Nachbesserungsbedarf			
Experten Projekt KKN	Expertenausschuss Kernenergie	Überprüfung und Beurteilung auf Grundlage der zu beachtenden atomrechtlichen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	Prüfung Engineering Design Prüfung Spezifikationen Review RBG-Dokumentation
Gremien / Branchen	Begleitgruppe BFE-Projektanten	Abstimmung über Verfahren basierend auf KEG/KEV	Verantwortung zur Prozesssteuerung betreffend Verfahrensabwicklung
	Arbeitsgruppe Sicherheitsbericht	Prüfen von Inhaltsverzeichnis und Detaillierungsgrad von Sicherheitsbericht, Sicherungsbericht, Konzept für die Stilllegung, Nachweis für die Entsorgung	
	Arbeitsgruppe UVB/RP	Prüfen von Inhaltsverzeichnis und Detaillierungsgrad von UVB/RP	
Behörden / Fachstellen	ENSI	Grobprüfung	Prüfung von Sicherheitsbericht, Sicherungsbericht, Konzept für die Stilllegung, Nachweis für die Entsorgung auf Vollständigkeit
	BAFU/ARE	Grob-/Vorprüfung vom UVB	Grob-/Vorprüfung der Beachtung/Einhaltung einschlägiger Normen und Richtlinien
	AfU SO	Vorprüfung zur VU1 beratende Funktion im Rahmen Leitverfahren	Vorprüfung der Beachtung/Einhaltung einschlägiger Normen und Richtlinien Sicherstellung korrekter Verfahrensabwicklung Review punktueller Ergebnisse

Akteure	Vertreten durch:	Aufgabe	QS/QM
Act: Formulierung der Massnahmen und Anforderungen zur Behebung der festgestellten Mängel, Abweichungen und Nachbesserungsbedarf sowie Erstellung einer Umsetzungsplanung.			
Mandatsnehmer	AF-Colenco AG	Überarbeitung RBG aufgrund Review Ergebnisse und Grobprüfung Mandatsleitung	Geschäftsprozesse zertifiziert gemäss ISO9001:2000 und KTA 1401
	BSB+Partner	Überarbeitung RBG aufgrund Review Ergebnisse und Grobprüfung	Geschäftsprozesse gemäss ISO9001:2000 zertifiziert Anwendung der einschlägigen Regelwerke von SIA, BAFU Umgang mit Geodaten gemäss den Grundsätzen zur amtlichen Vermessung
	Gähler und Partner AG	Überarbeitung RBG aufgrund Review Ergebnisse und Grobprüfung	Geschäftsprozesse gemäss ISO9001:2000 zertifiziert Anwendung der einschlägigen Regelwerke von SIA

Eine zentrale Bedeutung kam der Überprüfung der einzelnen Ergebnisse durch den Expertenausschuss zu. Dieser besteht aus anerkannten Fachexperten und Spezialisten mit langjährigen Erfahrungen in der Kernindustrie. Diese externen Fachleute leisteten einen wesentlichen fachlichen Beitrag und haben zur Qualitätssicherung des RBG beigetragen.

5.2.2 Erfahrung und Fachkompetenz

Für die Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuches wurde von Anfang an darauf geachtet, dass eine möglichst hohe Fachkompetenz und möglichst viel Erfahrung im Zusammenhang mit der Auslegung, dem Bau und dem Betrieb nuklearer Anlagen eingebracht werden kann. Die Gesuchstellerin hat dafür gesorgt, dass Personal mit dieser Erfahrung und Fachkompetenz aus den eigenen Reihen und der Kernindustrie rekrutiert und in das Projektteam integriert wurde.

Der Projektleiter begann seine Laufbahn in der Nukleartechnik vor über 25 Jahren in Ingenieurunternehmen. Sie führte weiter über die Funktionen Abteilungsleiter, Kraftwerksleiter und geschäftsführender Direktor eines KKW's und verantwortlicher Leiter eines Produktionsbereiches in einem EVU.

Der Teilprojektleiter Technik hat nach seiner Dissertation in Naturwissenschaften und einer langjährigen Tätigkeit in Übersee mehr als 10 Jahre Erfahrung in der Leitung und Realisierung multidisziplinärer Projekte im Nuklearbereich.

Der Teilprojektleiter UVB/RP arbeitete nach seinem naturwissenschaftlichen Hochschulabschluss während fünf Jahren in der Umweltberatung, wo er als Projektmitarbeiter und später Projektleiter schweremwichtig Fragen im Bereich des Risk- und Safetymanagements sowie Managementsysteme bearbeitete. Parallel dazu dissertierte er an der ETHZ in einer betriebswirtschaftlichen Disziplin.

Die Teilprojektleiter Technik und UVB/RP wurden bei der Ausarbeitung des RBGs durch Atel-Spezialisten mit verschiedenstem Erfahrungs- und Fachhintergrund unterstützt.

Für die Mitarbeit bei der Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuches wurden AF-Colenco, BSB+Partner und Gähler und Partner beigezogen. Bei der Vergabe der Mandate wurde darauf geachtet, dass nur qualifizierte Mandatsnehmer in Frage kommen und berücksichtigt werden, die nachweislich über die verlangte Fachkompetenz und über langjährige Erfahrung in der nationalen und internationalen Kernindustrie oder in ihrem spezifischen Fachbereich verfügen.

Dieser Ansatz wird mit fortschreitendem Projektverlauf konsequent weiter verfolgt. Die Gesuchstellerin ist dafür besorgt, dass die Fachkompetenz und die Erfahrung im jeweiligen Fachgebiet bei der Rekrutierung und Einstellung des erforderlichen Personales für alle Projektphasen im notwendigen Umfang beachtet werden.

5.2.3 QM-System für die weiteren Projektierungs-, Bau- und Betriebsphasen

Das KEV fordert im Artikel 25 (KEV 2004) von der Gesuchstellerin den Aufbau und die Darstellung eines Qualitätsmanagementprogrammes für die Projektierungs- und Bauphase. In der Darstellung sind Organisation und Abläufe inklusive der Zusammenarbeit mit Behörden und Dritten aufzuzeigen. Das Qualitätsmanagementprogramm muss dem Stand der nuklearen Sicherheitstechnik entsprechen und periodisch überprüft und aktualisiert werden.

Diese Forderung der KEV wird erfüllt, indem auf den Grundlagen der ISO9001 ein Qualitätsmanagementsystem aufgebaut wird, das für die Projektierungs-, Bau- und Betriebsphase zur Anwendung gelangt. Dieses QM-System wird in Abhängigkeit des Projektverlaufes alle relevanten Bereiche abdecken und gemäss den periodischen Überprüfungen laufend den aktuellen Erfordernissen angepasst werden.

Schritt für Schritt wird ein Managementsystem aufgebaut, das zusätzlich zum QM-System nach ISO9001 auch die anwendbaren Elemente der ISO14001 (Umweltmanagementsysteme), OHSAS18001 (Arbeitssicherheitsmanagementsysteme), der Richtlinie HSK G07 (HSK 2008b) und in angemessener Weise die menschlichen Faktoren berücksichtigen wird.

Die menschlichen Faktoren werden in allen Bereichen und Phasen des Projektes den erforderlichen Stellenwert erhalten (beispielsweise Human and Organizational Factors Engineering in der Designphase, Ergonomie bei der Gestaltung der Verfahren, menschliche Faktoren aus der Betriebserfahrung).

Die Überprüfungen erfolgen gemäss dem Qualitätssicherungsprozess (siehe Kapitel 5.2.1). Dieser in sich geschlossene Vorgang stellt sicher, dass der jeweilige Prozess permanent den Anforderungen angepasst wird.

Das Management-System wird in einem eigenständigen Dokument beschrieben und regelmässig den neuen Anforderungen des Projektes angepasst werden.

5.2.4 Aspekte von Mensch, Technik und Organisation (MTO)

Kraftwerke weisen bestimmte Charakteristiken bezüglich u.a. passiver Sicherheit, Automatisierungsgrad, Verfahrenstechnik, auf. Der Mensch, die Organisation und die Technik müssen zusammen eine Einheit bilden, um die Aufgaben und Funktionen im geforderten Masse erfüllen zu können. Die menschlichen und organisatorischen Faktoren (HOF) werden in allen Bereichen und Phasen des Projektes den erforderlichen Stellenwert erhalten (beispielsweise HOF-Engineering in der Designphase, Ergonomie bei der Gestaltung der Verfahren, menschliche Faktoren aus der Betriebserfahrung). Dieses Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation (siehe Abbildung 5.2-2) bedarf gerade in der Kerntechnik einer sorgfältigen Planung in einem möglichst frühen Stadium des Projektes. Zum einen werden für den Aufbau dieser Gesamtheit die Erfahrungen aus den bestehenden Kernanlagen berücksichtigt. Zum anderen werden die Rollen des Menschen, der Technik und der Organisation und deren gegenseitigen Abhängigkeiten auf der Grundlage einer ganzheitlichen Betriebsanalyse, z. B. MTO-Analyse (Strohm & Ulich 1999) bewertet. Die verschiedenen Teilaspekte werden dabei so aufeinander abgestimmt, dass die gestellten Aufgaben optimal erfüllt werden können. Damit werden die Forderungen gemäss Art. 10j (KEV 2004) berücksichtigt.

Das Zusammenspiel und die gegenseitige Beeinflussung von Mensch, Technik und Organisation, wie es für das gesamte Projekt angewendet wird, sind in der Abbildung 5.2-2 dargestellt.

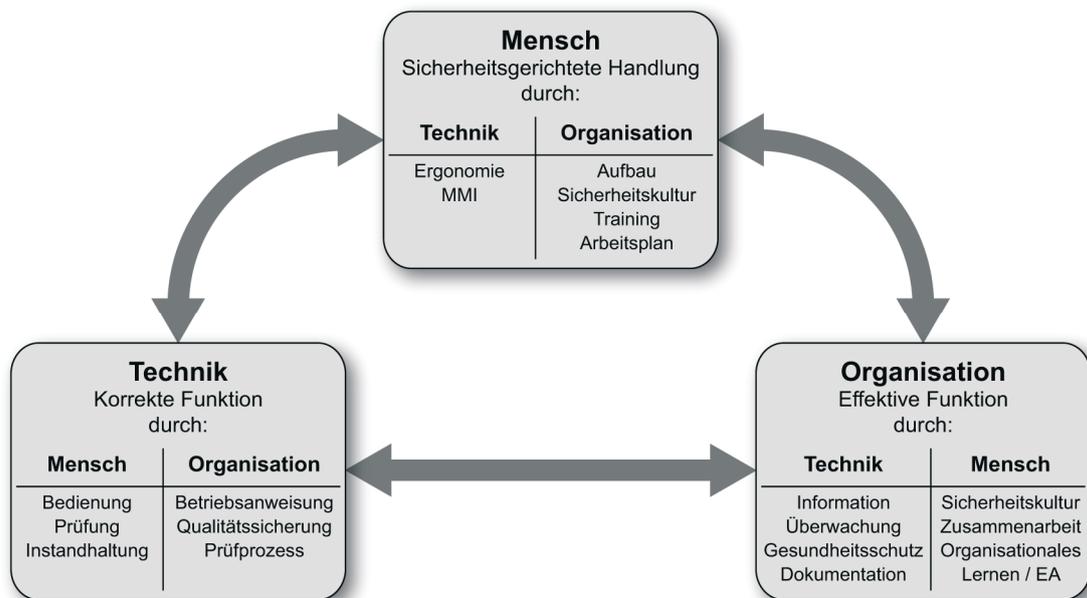


Abbildung 5.2-2 Beziehung zwischen Mensch-Technik-Organisation

Diese Überlegungen werden so früh wie möglich, spätestens auf den jeweiligen von dem Gesetzgeber verlangten Zeitpunkt und im erforderlichen Umfang, mit dem Baubewilligungsgesuch eingeleitet und regelmässig dem Projektfortschritt angepasst.

5.3 Organisation

5.3.1 Definition der Grundlagen

Auf der Grundlage anerkannter Management-Modelle und mit dem notwendigen Vorlauf (siehe auch Kapitel 5.1 Zeitliche Abstimmung) wird die Organisation aufgestellt. Unter Beachtung der Sicherheitsaspekte und betriebswirtschaftlicher Grundsätze bezüglich der Anforderungen an den noch zu bestimmenden Reaktortyp werden folgende Punkte ausgearbeitet:

- Ausgangslage der Organisation: Dazu gehören eine Reihe von Einflussfaktoren wie gesetzliche Regelungen und Unternehmensgrösse
- Organisationsziele: Es gilt, durch optimale Arbeitsverteilung die Sicherheit sowie die Wirksamkeit und den Erfolg der Organisation ständig zu gewährleisten und zu verbessern
- Festlegung von Aufbau- (Struktur) und Ablauforganisation (Prozess)
- Festlegung der notwendigen Ressourcen (finanzielle und personelle Mittel)
- Umsetzung der Planung durch geeignete Massnahmen unter Berücksichtigung der zeitlichen Aspekte

Auf diese Weise kann während der gesamten Projekt-, Bau- und Betriebsphase laufend sichergestellt werden, dass das erforderliche Personal zur Verfügung steht, um die verlangten Qualitätssicherungsmassnahmen wirksam umzusetzen und dass dem Personal die erforderliche Aus- und Weiterbildung zukommt. Mit der angemessenen, personellen Begleitung in allen Phasen des Projektes wird sichergestellt werden, dass zum Zeitpunkt der Erteilung der Betriebsbewilligung der vollständige Personalbestand mit der erforderlichen Fach- und Sachkunde zur Verfügung steht.

5.3.2 Organisation in der Phase des Rahmenbewilligungsgesuches

Für die Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuches wurde eine Projektorganisation gemäss Abbildung 5.3-1 ins Leben gerufen. Diese Organisation setzte sich aus dem Projektausschuss, der Projektleitung, den Stabsfunktionen Qualitätsmanagement, Recht, Controlling und Sekretariat und den Teilprojektteams Technik, UVB / RP, Kommunikation / Public Affairs und Administration zusammen.

Die Projektleitung und der Projektausschuss übernahmen in dieser Phase die übergeordnete Steuerungsfunktion und die Aufsicht. Der Projektausschuss bestand aus Mitgliedern der Geschäftsleitung von Atel.

Ausführende Stelle für das Rahmenbewilligungsgesuch waren die Teilprojektteams Technik und UVB / RP. Die Teilprojektteams Kommunikation / Public Affairs und Administration übernahmen die unterstützenden Funktionen der externen Kommunikation (Öffentlichkeitsarbeit) und der administrativen Belange innerhalb der Projektorganisation.

Die Teilprojektteams Technik und UVB / RP wurden durch externe Mandatsnehmer ergänzt, die nachweislich über die verlangte Fachkompetenz und über langjährige Erfahrung in der nationalen und internationalen Kernindustrie oder in ihrem spezifischen Fachbereich verfügen.

Der Expertenausschuss, zusammengesetzt aus Fachpersonal mit langjähriger Erfahrung vor allem in der nationalen Kernindustrie, übernahm eine beratende Funktion für die Teilprojektteams Technik und UVB / RP und führte als unabhängige Gruppe die qualitätssichernden Massnahmen durch.

Die einzelnen Funktionen innerhalb der Projektorganisation wurden mit Personen besetzt, die aufgrund ihrer Ausbildung und Erfahrung in den entsprechenden Fachbereichen (u. a. Kernindustrie) die notwendigen fachlichen und methodischen Kompetenzen, unter anderem auch in Bezug auf organisatorische und menschliche Faktoren, ausweisen.

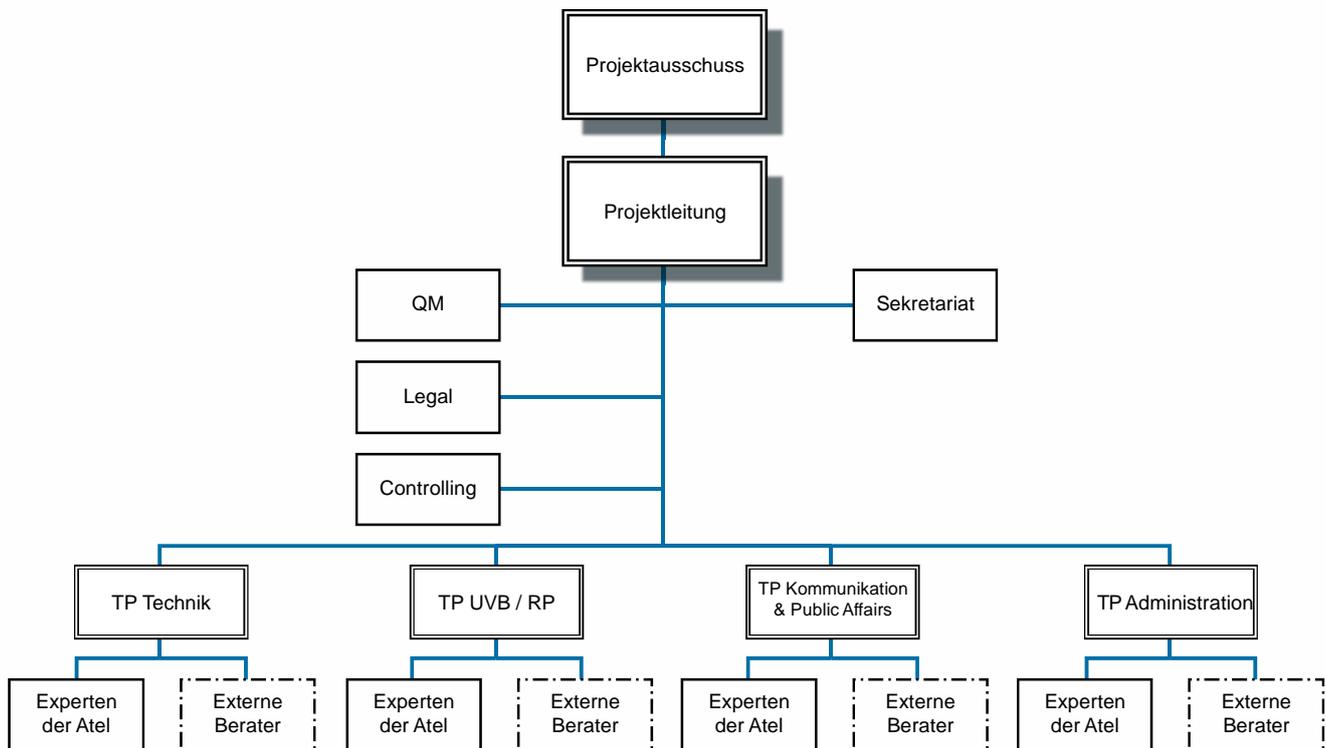


Abbildung 5.3-1 Projektorganisation für die Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuches

Die Gesuchstellerin sorgte durch eine sorgfältige Besetzung der Funktionen innerhalb der Organisation mit erfahrenen Personen aus der Kernindustrie und durch einen Austausch mit den bestehenden Werken (siehe Kapitel 5.3.5) dafür, dass ein Know-how-Transfer stattfand und die Erfahrungen in der Abwicklung von Grossprojekten in dieses Projekt eingebracht wurden. Besonderes Gewicht wurde dabei auf die Fachkompetenz und die Sicherheitskultur im nuklearen Umfeld gelegt. Bei der Vergabe von Mandaten oder Aufträgen wurde darauf geachtet, dass nur qualifizierte und zertifizierte Mandats/Auftragnehmer in Frage kommen und berücksichtigt wurden, die nachweislich über die verlangte Fachkompetenz und über langjährige Erfahrung in der nationalen und internationalen Kernindustrie oder in ihrem spezifischen Fachbereich verfügten.

Die Dokumente wurden gemäss Qualitätsmanagementsystem (siehe Abbildung 5.2-1 und Abbildung 5.2-2) einem iterativen Prüf- und Verbesserungsprozess unterzogen. Diese qualitätssichernden Massnahmen erfolgten einerseits durch die Teilprojekte Technik und UVB / RP, andererseits durch den Expertenausschuss. Überwacht wurde dieser Vorgang durch die Stabsstelle QM. Die Aufgaben und Verantwortlichkeiten waren eindeutig zugeordnet (Übersicht gemäss Tabelle 5.2-1).

Die aufgestellte Projektorganisation (Abbildung 5.3-1) wird in Abhängigkeit des Projektfortschrittes laufend den neuen Anforderungen angepasst und erweitert.

5.3.3 Organisation in der Phase der Ausschreibung und des Baubewilligungsgesuches

Ausgehend von der Projektorganisation aus der Phase des Rahmenbewilligungsgesuches werden die neu zu erfüllenden Funktionen integriert. Seit Anfang 2009 wird in folgender Aufstellung gearbeitet:

Legende:

- GL Geschäftsleitung
- TP Teilprojekt
- RBG Rahmenbewilligungsgesuch
- UVB Umweltverträglichkeitsbericht
- RP Raumplanung
- PR Public Relation

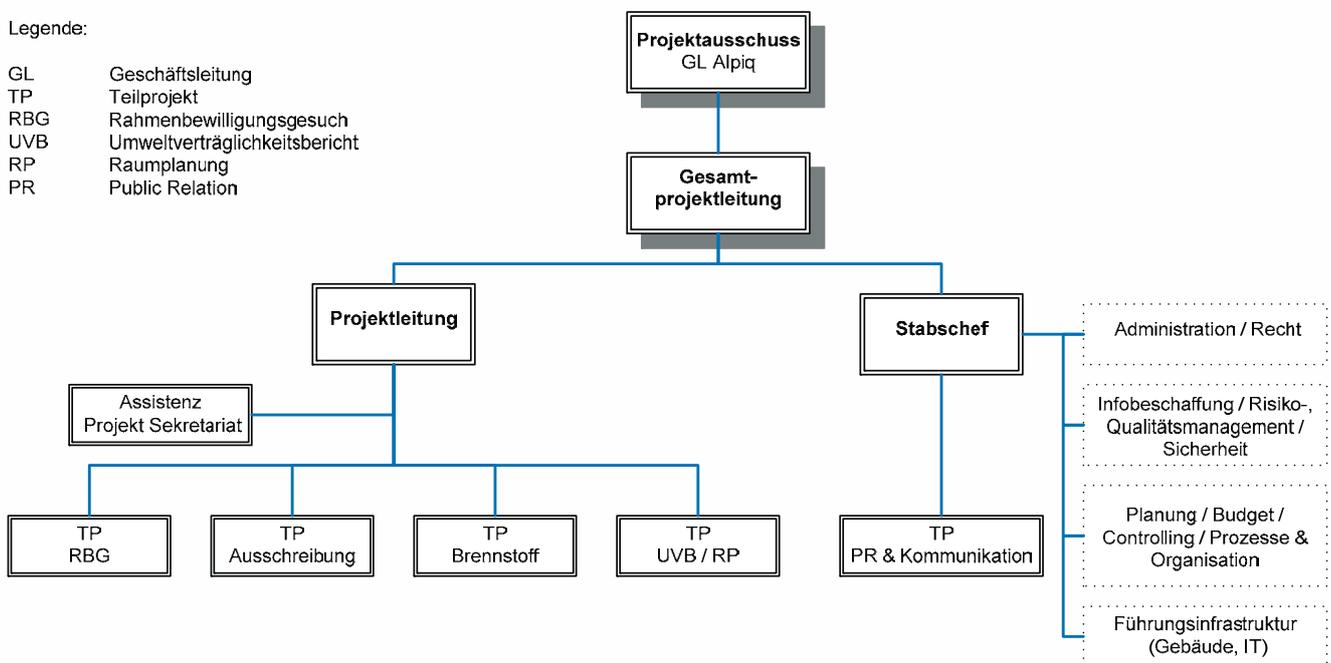


Abbildung 5.3-2 Projektorganisation der Gesuchstellerin seit Anfang 2009

Für die weitere Projektorganisation werden die Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber, Unternehmer, Lieferanten und sonstigen Akteuren definiert und die Verantwortlichkeiten festgelegt. Damit wird die Projektorganisation kontinuierlich den neuen Anforderungen des fortschreitenden Projektes angepasst.

Dies erfolgt auf der Basis von Pflichtenheften, die neben den eigentlichen Aufgaben genaue Beschreibungen der Schnittstellen mit anderen Fach-/Sachbearbeitern enthalten. Diese Beschreibungen der Organisation, von Aufgaben, Verantwortungen und Kompetenzen werden gemäss Qualitätssicherungsmassnahmen periodisch überprüft und den vorhandenen Verhältnissen angepasst (Deming-Zyklus, PDCA).

5.3.4 Organisation in der Phase Betriebsbewilligungsgesuch und Betrieb

Die Betriebsorganisation wird auf der Grundlage der schweizerischen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, basierend auf den Erfahrungen aus den bestehenden Kernkraftwerken in der Schweiz und im europäischen Raum und unter Berücksichtigung der Grundsätze anerkannter Management-Modelle aufgebaut.

Die Organisation wird detailliert festgelegt und beschrieben (Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortlichkeiten, Schnittstellen), damit sich eine funktionierende Gesamtorganisation ergibt und alle Stellen optimal besetzt werden können.

5.3.5 Zusammenarbeit mit Anlagenbetreibern

Mit einer geeigneten Zusammenarbeit mit den Anlagenbetreibern wird durch Know-how-Transfer und Erfahrungsaustausch aus dem nuklearen Umfeld ein wesentlicher Beitrag zur Sicherheit der neuen Anlage angestrebt. Die frühzeitig aufzubauende Sicherheitskultur wird so weit wie sinnvoll möglich die Erfahrungen der Kernindustrie berücksichtigen. Dabei wird vor allem auf den Transfer von Erfahrungen in der Abwicklung von Grossprojekten Wert gelegt.

Längerfristig wird geprüft, wie weit gezielte Personalaufstockungen in bestehenden Anlagen im Hinblick auf die Übernahme von Aufgaben in der neuen Organisation sinnvoll sind und für den sicheren Ablauf von spezifischen Arbeiten oder den späteren Betrieb sorgen. Derartige Personalaufstockungen dienen der frühzeitigen Vorbereitung und Ausbildung des erforderlichen, qualifizierten Personales für die neue Anlage und der kontinuierlichen Weiterführung der geforderten Sicherheitskultur.

5.3.6 Schnittstellen / Interaktionen mit externen Organisationen

In den Beschreibungen der Organisation, des Qualitätsmanagements und weiterer anwendbarer Dokumentationen werden die Schnittstellen und Interaktionsprozesse zwischen allen beteiligten Stellen definiert. Mit Hilfe von geeigneten Merkmalen werden diese kritischen Verbindungsstellen regelmässig überprüft und sich verändernden Bedingungen angepasst.

5.3.7 Lernende Organisation

Innerhalb der aufzubauenden Organisation werden das Bewusstsein, die Kenntnisse und das Verständnis für die im nuklearen Umfeld geltenden Sicherheitsanforderungen in allen Bereichen vorhanden sein. Die Organisation wird ausreichend breite und tiefe Kenntnisse und Erfahrungen aufweisen, so dass den Auftragnehmern (Lieferanten, Dienstleistungsunternehmen, Unterakkordanten) die erforderlichen Vorgaben, insbesondere im Bereiche der Sicherheitsanforderungen, aufgestellt und überprüft werden können (sogenannte Intelligent Customer Capability).

Dazu wird die Organisation zu jedem Zeitpunkt des Projektverlaufes eine kompetente Führung und erfahrenes, technisch und betrieblich fachkundiges Personal umfassen. Die Organisation wird die Fähigkeiten aufweisen, technische Spezifikationen zu erstellen, Schnittstellen zu beschreiben und Angebote und Arbeiten vor und während der Realisation bewerten und überprüfen zu können. Dazu gehört ein umfassendes Verständnis für die Zusammenarbeit mit Auftragnehmern und die damit verbundenen Einflüsse auf die zu erbringenden Sicherheitsnachweise.

Durch die Qualitätssicherungsmaßnahmen werden das Vorhandensein und die Fähigkeiten selbst mit geeigneten, regelmässigen Überprüfungen (QS-Audits) festgestellt und laufend den sich verändernden Anforderungen über den gesamten Projektverlauf angepasst.

5.4 Ausbildungsgrundlagen

Die Grundlage für die Ausbildung des Personales stützt sich auf das schweizerische Ausbildungs- und Berufsbildungssystem ab. Nach dem allgemein üblichen Schulabschluss stehen die berufliche Grundausbildung, Technikerschulen, Fachhochschulen, Maturitätsschulen, Hochschulen und Universitäten zur Verfügung. In Bezug auf die Kerntechnik sei hier speziell auf die Ausbildungsmöglichkeiten u. a. Reaktorschule am Paul Scherrer Institut (PSI), ETH Zürich und EPFL (Master of Science in Nuclear Engineering), FHNW Brugg-Windisch (Bachelor-Studiengang Maschinenbau, Vertiefungsrichtung Energietechnik) hingewiesen. Die erwähnten Institute arbeiten mit anderen Instituten für spezifische Themen zusammen. Eine Übersicht bietet das Dokument "Angebot und Bedarf in der nuklearen Lehre und Forschung in der Schweiz" (Nuklearforum 2007).

In Bezug auf Führungskompetenz und HOF-Aspekte stehen unter anderem zur Verfügung (nicht abschliessende Aufzählung):

- FHNW Olten, Institut für Mensch in komplexen Systemen
- FHNW Olten, Institut für Personalmanagement und Organisation
- Universität Bern, Abteilung für Arbeits- und Organisationspsychologie
- ETH Zürich, Forschungsgruppe Organisation-Arbeit-Technologie
- ETH Zürich, Forschungsgruppe Psychologie der Arbeit in Organisation und Gesellschaft
- Institut für angewandte Psychologie IAP-ZHAW
- Schweiz. Gesellschaft für Arbeits- und Organisationspsychologie
- Schweiz. Gesellschaft für Ergonomie

Die angehenden Stelleninhaber können auf der Basis einer soliden Grundausbildung mit Hilfe eines Ausbildungsmanagementsystemes (siehe Kapitel 5.4.1) zu Fachspezialisten ausgebildet werden.

5.4.1 Ausbildungsmanagementsystem

Es wird rechtzeitig ein Ausbildungsmanagementsystem aufgebaut, das nach den Methoden der modernen Erwachsenenbildung die Ausbildungsbedürfnisse rechtzeitig erfasst und in Ausbildungsmaßnahmen umsetzt. Im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Deming-Zyklus) werden die Wirksamkeit der Massnahmen überprüft und notwendige Anpassungen vorgenommen.

5.4.2 Ausbildung des Kernkraftwerkspersonales

Für das Kernkraftwerkspersonal liegen definierte Ausbildungsanforderungen vor. Diese sind in den folgenden Dokumenten enthalten:

- Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK 2006)
- Richtlinie HSK-G07: "Organisation von Kernanlagen" (HSK 2008b)
- Richtlinie ENSI-B10 (Entwurf): "Ausführungsbestimmungen zur Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen" (ENSI 2008)
- Richtlinie HSK-R37: "Anerkennung von Strahlenschutz - Ausbildungen und - Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK" (HSK 2001)

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wird das erforderliche Personal in der entsprechenden Qualifikation rekrutiert und mit Hilfe geeigneter Ausbildungsmethoden (u. a. Simulation) ausgebildet, damit es in Abhängigkeit des gesamten Projektverlaufes rechtzeitig zur Verfügung steht.

5.4.3 Ausbildung während der Bauphase

Die Ausbildung des Personales wird während der Bauphase in enger Zusammenarbeit mit dem Lieferanten durchgeführt, um einen möglichst grossen Know-how-Transfer sicherzustellen. Die behandelten Themen umfassen Reaktorphysik, Reaktortechnik, Reaktorsicherheit, Auslegung, Systemkenntnisse, Eigenschaften und Funktionen, Systemverhalten (Normalbetrieb, Stör- und Notstandsfälle), Sicherheitsspezifikation, technische Spezifikation und begrenzende Betriebsbedingungen in enger Beziehung zur neuen Anlage. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend, sie wird aufgrund des Ausbildungsmanagementsystemes (siehe Kapitel 5.4.1) ergänzt und erweitert. Lernziele sorgen für eine zielgerichtete Ausbildung und eine optimale Unterstützung während der Bau- und Inbetriebsetzungsphase. Die Ausbildung wird praktisches Training an den Systemen und Komponenten so weit wie möglich und je nach Verfügbarkeit der installierten Systeme enthalten.

Das Kernkraftwerkspersonal wird in Abhängigkeit der jeweiligen Funktion und des Projektverlaufes zeitlich derart rekrutiert und wenn notwendig ausgebildet (intern/extern) werden, dass es im Rahmen des QM-Programmes eine projektbegleitende und qualitätssichernde Funktion (Überwachung und Mitarbeit) in seinem zukünftigen Arbeitsumfeld übernehmen kann. Damit wird eine anlagen-spezifische Ausbildung gewährleistet.

5.4.4 Training während der Inbetriebsetzung

Während der Inbetriebsetzungsphase wird das künftige Betriebs- und Instandhaltungspersonal für die Durchführung und Überwachung von Funktionstests und Abnahmeversuche eingesetzt. Durch geeignete Lernziele werden diese Arbeiten zum On-the-Job-Training und tragen so wesentlich zur Ausbildung des Personales bei. Durch die Ausbildung während der Bau- und Inbetriebsetzungsphase wird sichergestellt, dass das Kernkraftwerkspersonal in der Lage ist, die Anlage vom ersten Betriebstag an mit dem höchsten Sicherheitsstandard zu betreiben.

5.4.5 Training nach der Inbetriebsetzung

Grundsätzlich bleibt die Ausbildung nach der Inbetriebsetzung gleich wie vorher. Nach der Inbetriebsetzung konzentriert sich die Ausbildung auf die Vertiefung der Betriebskenntnisse und die damit zusammenhängenden Aspekten. Der genaue Bedarf wird gemäss dem Ausbildungsmanagementsystem mit dem darin enthaltenen systematischen Ausbildungsansatz (siehe Kapitel 5.4.1) ermittelt.

5.4.6 Sicherheitskultur, Human and Organisational Factors (HOF)

Zur Sicherstellung einer möglichst hohen Sicherheitskultur sind eine enge Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Organisationen (Kernkraftwerkbetreiber, IAEA), der Einsatz moderner Werkzeuge zur Analyse von Ereignissen und Verfolgung von Massnahmen, sowie eine eindeutige Verpflichtung der Führung der Kernanlage zur Sicherheit ("Sicherheit hat erste Priorität") notwendig. In dieser Zusammenarbeit werden die Aspekte "menschliche Faktoren" gleich wie alle anderen Aspekte der Sicherheitskultur erkannt und im Sinne des Verbesserungsprozesses in Massnahmen umgesetzt und auf Wirksamkeit überprüft.

Die Gesuchstellerin erstellt so früh wie möglich im Rahmen des gesamten Bewilligungsverfahrens (Rahmen-, Bau-, Betriebsbewilligungsgesuch) und sobald es von der Personalorganisation her Sinn macht ein Leitbild zur Sicherheitskultur. Dieses wird im gesamten Projektverlauf angewendet und laufend nachgeführt. Unter Sicherheitskultur wird "die Ansammlung von Merkmalen und Überzeugungen bei Organisationen und Personen, die festlegen, dass - als oberste Priorität - Sicherheitsaspekte eines Kernkraftwerkes die Aufmerksamkeit erhalten, auf die sie aufgrund ihres Stellenwertes Anspruch hat" verstanden (IAEA 1991). Als Grundlage für die Entwicklung dieses Leitbildes dienen folgende Quellen:

- Existierende Sicherheitskulturleitbilder der in Betrieb stehenden Kernanlagen
- Sicherheitskultur in einer Kernanlage, KSA-Report No. 04-01 (KSA 2004)

Das Leitbild zur Sicherheitskultur wird wie jeder andere Prozess auf der Basis der vorhandenen Organisation entwickelt und anhand von definierten Kriterien regelmässig überprüft und falls nötig, weiterentwickelt (Qualitätssicherungsmassnahmen). Das Leitbild legt fest, wie die Führung der Kernanlage die Sicherheitskultur interpretiert und fördert und an welchen Kriterien und Merkmalen die Wirksamkeit gemessen wird. Im Leitbild zur Sicherheitskultur werden die Human and Organisational Factors (HOF) berücksichtigt. Grundlagen zur Erstellung des Leitbildes bilden anerkannte Leistungsziele und Kriterien nationaler und internationaler Organisationen (Kraftwerksbetreiber, IAEA).

Im Sinne der modernen Prozessorientierung wird nicht nur die Wirksamkeit in Bezug auf Sicherheitskultur und menschliche Faktoren gemessen. Es werden auch Massnahmen definiert, wie die Erkenntnisse aus der Messung zur kontinuierlichen Verbesserung des sicherheitsgerichteten Denkens und Handelns herbeigezogen werden (Kreisprozess). Als interne Massnahmen sind Verfahren auf der Basis des Selbstbewertungssystemes SBS des Verbandes der Grosskraftwerksbetreiber (VGB) sowie die Auswertung von Betriebserfahrungen einsetzbar. Dies kann durch unabhängige, externe Organisationen überprüft werden.

Zum weiteren Umfeld der Sicherheitskultur und Human and Organisational Factors gehören Massnahmen zur Auswertung von internen und externen Betriebserfahrungen. Interne Ereignisse (interne Erfahrungen, Beinahe-Ereignisse und Ereignisse) werden systematisch erfasst, ausgewertet und in Massnahmen zur Verhinderung eines erneuten Auftretens umgesetzt. Externe Ereignisse und Betriebserfahrungen werden auf Relevanz für die eigene Anlage überprüft und daraus geeignete Massnahmen zur Verhinderung oder Vermeidung gleicher Vorkommnisse oder Beobachtungen abgeleitet.

Das Human and Organisational Factors (HOF) Engineering wird so früh wie möglich in den Projektverlauf integriert. Dies bedeutet, dass innerhalb der Organisation eine für diesen Bereich zuständige und verantwortliche Stelle geschaffen wird. Von dieser Stelle oder in deren Auftrag werden alle Teilprojekte auf HOF - Aspekte untersucht. Sind diese Aspekte relevant, werden diese auf der Basis von internationalen Standards/Regeln (ISO/IEC, IEEE, NRC/NUREG, KTA, EPRI und anderer einschlägiger Normen) so früh wie möglich durch Beschreibungen und Spezifikationen berücksichtigt.

5.5 Gesetzliche Grundlagen

Nachfolgend findet sich eine Auflistung der für die wichtigen personellen und organisatorischen Angaben relevanten gesetzlichen Grundlagen. Zu beachten ist dabei, dass in zeitlicher Hinsicht folgende Teile beizubringen bzw. zu erfüllen sind (siehe auch Anhang 3 und 4 KEV 2004).

Rahmenbewilligung

Im Rahmenbewilligungsgesuch ist ein Sicherheitsbericht vorzulegen, der unter anderem die allgemeinen Grundzüge der nuklearen Sicherheit (Art. 5 KEG 2003, Art. 7 KEV 2004), der wichtigen personellen und organisatorischen Angaben (Art. 23 KEV 2004) und eines Qualitätsmanagementprogrammes (Art. 25 KEV 2004) beinhaltet.

Baubewilligung

Für das Baubewilligungsgesuch muss ein Qualitätsmanagement-Programm für die Projektierungs- und Bauphase (Art. 25 KEV 2004) vorhanden sein. Konkret werden für die Erteilung der Baubewilligung die organisatorische Gliederung, der Personalbestand, die Personalausbildung und der Personaleinsatz während der Bauphase und ein Konzept für die Aus- und Weiterbildung verlangt (Art. 24 und Anhang 4 KEV 2004).

Zum Zeitpunkt der ersten Baufreigabe muss die Gestaltung der Organisation vorliegen. Dies setzt sich zusammen aus organisatorischen Festlegungen, Pflichtenheften, Ausbildungsprogrammen für die Inbetriebsetzung, vorläufigen Betriebsdokumenten, Reglementen und Arbeitsabläufen (Art. 24 und Anhang 4 KEV 2004).

Betriebsbewilligung

Dem Betriebsbewilligungsgesuch müssen die organisatorischen und technischen Dokumente gemäss Anhang 3 (KEV 2004) und die Unterlagen gemäss Anhang 4 (KEV 2004) beigelegt werden, und die Anforderungen an die Organisation gemäss Art. 20, Art. 22 (KEG 2003), Art. 30 (KEV 2004) müssen erfüllt sein.

Für die Erteilung der Betriebsbewilligung muss der Fachkundenachweis erbracht werden. Darin ist aufzuzeigen, dass das gesamte Personal, wie in der VAPK gefordert, geeignet ist und die erforderliche Fachkunde besitzt (Art. 22 KEG 2003, Art. 30 bis 34 KEV 2004, Art. 2 bis 13 VAPK 2006, Art. 15 VBWK 2006, Art. 6 StSG 1991, Art. 10 StSV 1994, Art. 2 bis 5 StS-Ausbildungsverordnung 1998). Weiter muss ein Qualitätsmanagementsystem für den Betrieb in Kraft sein (Art. 25, Art. 31 KEV 2004).

Betriebsfreigaben

Mit der Freigabe für die Inbetriebnahme bzw. des Leistungsbetriebes sind die Festlegungen für den Dauerbetrieb beizubringen. Darin sind der Personalbestand und die Aus- und Weiterbildungsprogramme für den Dauerbetrieb vorzulegen (Art. 20, Art. 22 KEG 2003, Art. 30 bis 34, Anhang 4 KEV 2004, Art. 2 bis 13 VAPK 2006, Art. 15 VBWK 2006, Art. 6 StSG 1991, Art. 10 StSV 1994, Art. 2 bis 5 StS-Ausbildungsverordnung 1998).

Tabelle 5.5-1 Relevante gesetzliche Grundlagen zur Organisation über alle Phasen des Lebenszyklus der Anlage

Kernenergiegesetz (KEG 2003)	Artikel 5, 20 und 22
Kernenergieverordnung (KEV 2004)	Artikel 7, 23 bis 25 und 30 bis 34
Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK 2006)	Artikel 2 bis 13
Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK 2006)	Artikel 15
Strahlenschutzgesetz (StSG 1991)	Artikel 6
Strahlenschutzverordnung (StSV 1994)	Artikel 10
Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (StS-Ausbildungsverordnung 1998)	Artikel 2 bis 5
HSK-/ENSI-Richtlinien	
ENSI-G-07 (HSK 2008b)	Organisation von Kernanlagen
HSK-B10 Entwurf (ENSI 2008)	Ausführungsbestimmungen zur Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK)
HSK-R-27 (HSK 1992b)	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von kernkraftwerken
HSK-R-37 (HSK 2001)	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK

6 Referenzen

- (ADR/RID 2009) Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR) vom 30. September 1957, SR 0.741.621, Stand am 1. Januar 2009; Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID, als Anhang C zum Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr/COTIF vom 9. Mai 1980, SR 0.742.403.1, Stand am 1. Januar 2009)
- (AF-Colenco 2009a) Beurteilung der Machbarkeit von Notfallschutzmassnahmen in der Umgebung von KKN für das Rahmenbewilligungsgesuch, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.015, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009b) Kernkraftwerk Niederramt (KKN) Einwirkungen auf KKN bei Störfällen in der Nachbarschaft, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.011, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz (nicht öffentlich)
- (AF-Colenco 2009c) Aircraft Crash Frequency Estimation for the Site of Nuclear Power Plant Niederramt, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.010, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009d) Hydrologische Verhältnisse am Standort des Kernkraftwerks im Niederramt, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.013, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009e) Berechnung der Tornadohäufigkeit unter Berücksichtigung des Schadenszugs nach Richtlinie ENSI-A05, Fachbericht Nr. 1700.10.008, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009f) Geologie, Seismik und Baugrund, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.012 zum Rahmenbewilligungsgesuch, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009g) Vierparametrische Ausbreitungsstatistik am Standort KKN (auf CD), AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009h) Aktualisierte Charakterisierung der Baugrundverhältnisse im Niederramt (Raum Däniken - Gretzenbach - Niedergösgen), Bericht Nr. AFC/WK-Vob-Aug09, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AF-Colenco 2009i) Fachbericht Grundwassermodellierung, Fachbericht Nr. 1700.0508.10.016, AF-Colenco AG, Baden, Schweiz
- (AfU Solothurn 2003) Gewässerschutzkarte des Kantones Solothurn, Blatt 4 Balsthal - Gäu, Olten, Gösgen, Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn
- (AfU Solothurn 2007) Umweltdaten 2006, Zusammenstellung und Darstellung von umweltrelevanten Daten, FB 07-03, 11/2007, Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn
- (AfU Solothurn 2008a) GASO Datenbank, Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn (Einsichtnahme Januar 2008)
- (AfU Solothurn 2008b) Wasserfassungen Niederramt 2008; Mitteilung des Amtes für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn, E-Mail vom 18. April 2008
- (AfU Solothurn 2008c) Umweltdaten 2007, Zusammenstellung und Darstellung von

- umweltrelevanten Daten, FB 08-02, 11/2008, Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn
- (AGIS 2007) AGIS Kanton Aargau
- Ambraseys et al. 2005) Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration, Ambraseys, N.N., Douglas, J., Sarma, S.K. & Smit, P., Bulletin of Earthquake Engineering, 3,1-51, 2005
- (Amsler 1915) Tektonik des Staffelegg-Gebietes und Betrachtung über Bau und Entstehung des Juraostendes, Eclogae geol. Helv. XIII/4, 379-492, 1915
- (ARP 2007) Amt für Raumplanung, Kanton Basel-Landschaft, Schweiz
- (ASTM 2008) Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), Standard D-2487-00, ASTM International, West Conshohocken, USA
- (Atel Hydro 2008) Atel Hydro AG, Kraftwerk Gösgen, Erneuerung der Konzession, Voruntersuchung / Pflichtenheft zur UVP, Raum Umwelt Sicherheit (RUS), Environmental Management & Biosafety Consultants, Baden, Schweiz
- (Atel Hydro 2009) Atel Hydro AG, Überprüfung und Festlegung des Bemessungs- und Sicherheitshochwassers am Stauwehr Winznau, AF-Colenco AG, Wasserkraftanlagen, Baden, Schweiz
- (AVV 2005) Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen vom 21. Februar 1990, Bundesanzeiger 42, Nr. 125a (1990), S. 36 - 58, Revisionsentwurf, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV
- (Baechler et al. 2009) Hydraulische Untersuchungen in Piezometerbohrungen am Standort Gösgen / Niederamt, Baechler, S., Croisé, J., Enachescu, C., Ebeling, K., Frieg, B., Jäggi, K. & Schwarz, R., Nagra Projekt Bericht NPB 09-10, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (BAFU 2007) Klimaänderung in der Schweiz - Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz
- (BAFU 2008a) Hydrologische Daten der Messstation Aare - Murgenthal, Homepage des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz, www.hydrodaten.admin.ch
- (BAFU 2008b) Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2007, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz, www.umwelt-schweiz.ch/uw-0824-d
- (BAFU 2009) Regulierung der Jurarandseen wird optimiert, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz
- (BASEMENT 2008) Basement, basic simulation environment for computation of environmental flow and hazard simulation, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETHZ, Zürich, Schweiz, www.basement.ethz.ch

- (Baur 2003) Elastomerlager und nichtlineare Standorteffekte bei Erdbebeneinwirkung, Universität Karlsruhe: Schriftenreihe des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie, Heft 51, 2003
- (BAV 2004) Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn, Methodik und Bewertung in der Schweiz, Ernst Basler + Partner AG, Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern, Schweiz
- (BAZL 2009) Total Bewegungen inklusive Linien- und Charterverkehr auf Flugplätze im 50Km Radius vom Kernkraftwerk Gösgen, Datawarehouse BAZL/Airstat, Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern, Schweiz
- (Becker et al. 2005) Multiarchive Paleoseismic Record of late Pleistocene and Holoc. Strong Earthquakes in Switzerland, Becker, A., Ferry, A., Monecke, K., Schnellmann, M. & Giardini, D., Tectonophysics 400 (2005), 153-177, 2005
- (BFE 2008) Sicherheit der Stauanlagen, Basisdokument zum Nachweis der Hochwassersicherheit, Bundesamt für Energie (BFE), Ittigen, Schweiz
- (BFE 2009) Flutwellen am Standort Gösgen, Brief edc vom 05. August 2009, Bundesamt für Energie (BFE), Ittigen, Schweiz
- (BFS 1985) Arealstatistik 1979/1985, Bundesamt für Statistik (BFS), Bern, Schweiz
- (BFS 1997) Arealstatistik 1992/1997, Bundesamt für Statistik (BFS), Bern, Schweiz
- (BFS 2001) Hochstammbäume der Landwirtschaft nach Gemeinden 2001, Eidg. Obstbaumzählungen 2001, Bundesamt für Statistik (BFS), Bern, Schweiz
- (BFS 2002) NOGA (Nomenclature Générale des Activités économiques) - Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige, Bundesamt für Statistik (BFS) - Sektion Unternehmensstruktur und Beschäftigung, Neuchâtel, Schweiz
- (BFS 2005a) Arbeitsstätten 2005, Eidgenössische Betriebszählung 2005, Bundesamt für Statistik (BFS), Sektion Unternehmen und Beschäftigung, Neuchâtel, Schweiz, Datenlieferung vom 25. Februar 2008
- (BFS 2005b) Landwirtschaftliche Betriebszählung 2005, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel, Schweiz
- (BFS 2007) Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone 2005-2050, Kanton Aargau, Kanton Basel-Landschaft, Kanton Solothurn, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel, Schweiz
- (Bhoje et al. 1999) Comparison of computer simulated and observed force deformation characteristics of anti-seismic devices and isolated structures, Bhoje, S., Chellapandi, P., Chetal, S., Muralikrishna, R. & Salvaraj, T., Indira Gandhi Centre for Atomic Research, India, 1999
- (Birkhäuser et al. 2001) 3-D-Seismik: Räumliche Erkundung des Wirtgesteins Opalinuston im Zürcher Weinland, Birkhäuser, Ph., Roth, Ph. Naef, H. & Meier, B., Nagra Techn. Ber. NTB 00-03, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Bitterli1979) Standortgebiet Born, Strukturanalyse der Born-Antiklinale, Bitterli P., Unpubl. Nagra Interner Bericht, Nagra, Wettingen, Schweiz

- (BMI 1976) Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände, Stand August 1976, Bundesministerium des Innern (BMI), Deutschland
- (BUWAL 1996a) Protokoll zum BUWAL Workshop „Risikoermittlung nach StFV bei Flüssiggastankanlagen mit mehreren Behältern“ vom 18/19. April 1996, Lüderenalp, Schweiz
- (BUWAL 1996b) Beurteilungskriterien I zur Störfallverordnung StFV, Richtlinien für Betriebe mit Stoffen, Erzeugnissen oder Sonderabfällen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Schweiz
- (BUWAL 2004) Wegleitung Grundwasserschutz, Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Schweiz
- (Buxtorf 1916) Prognose und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Jura gebirges, Verh. Natf. Ges. Basel 27, 184-254, 1916
- (BWG 2002a) Sicherheit der Stauanlagen, Richtlinien des BWG, Version 1.1, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel, Schweiz
- (BWG 2002b) Sicherheit der Stauanlagen, Basisdokument zu den Unterstellungskriterien, Anhang I: Diagramme zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel, Schweiz
- (BWG 2005) Tektonische Karte der Schweiz, 1:500'000
- (BZG 2002) Bundesgesetz über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz, BZG) vom 4. Oktober 2002, SR 520.1, Stand am 1. Mai 2007
- (Ceppi 2008) Extreme Value Analysis of Wind Speed Observations over Switzerland, Ceppi, P., Della-Marta, P.M., Appenzeller, C., Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 219, 43 pp.
- (Chang 2004) Fast reactor technology plan in Korea and Expectations for MONJU 4, Tsuruga International Energy Forum, Chang M., Tsuruga, Japan, 2004
- (Chang et al. 1991) Overview and summary of the first international seminar on seismic base isolation of nuclear power facilities, Chang, Y.-W., Kuroda, T. & Martelli, A., Nuclear Engineering and Design 127(3): 287-308, 1991
- (Deichmann & Renggli 1984) Mikrobeben-Untersuchungen Nordschweiz, Teil 2: Seismizität, Deichmann, N. & Renggli, K., Januar 1983 - September 1984, Nagra Tech. Bericht NTB 84-12, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Deichmann & Rinderknecht 2005) Das neue seismische Messnetz der Nordschweiz und die Seismizität der Nordschweiz, Deichmann N. & Rinderknecht B., Nagra Arb. Ber. NAB 05-12, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Deichmann 1987) Seismizität der Nordschweiz, 1983 - 1986, Deichmann N., Nagra Tech. Bericht NTB 87-05, Nagra, Wettingen, Schweiz

- (Deichmann 1990) Seismizität der Nordschweiz, 1987 - 1989, und Auswertung der Erdbebenserien von Günsberg, Läfelfingen und Zeglingen, Deichmann N., Nagra Tech. Bericht NTB 90-46, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Deichmann et al. 2000) Seismizität der Nord- und Zentralschweiz, Deichmann, N., Ballarin Dolfin, D. & Kastrup, U., Schweizerischer Erdbebendienst, ETH-Zürich, Nagra Tech. Bericht NTB 00-05, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Diebold et al. 1991) Zur Tektonik der zentralen Nordschweiz, Interpretation aufgrund regionaler Seismik, Oberflächengeologie und Tiefbohrungen, Diebold, P., Naef, H. & Ammann, M., Nagra Tech. Bericht NTB 90-04, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Durchgangsstrassenverordnung 1991) Durchgangsstrassenverordnung vom 18. Dezember 1991, SR 741.272, Stand am 8. Februar 2000
- (DWA 1985) Niederschlag - Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer, ATV A 121, Regelwerk der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV), Deutschland
- (ENSI 2008) Ausführungsbestimmungen zur Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK), Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen B10, Entwurf, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Villigen, Schweiz
- (ENSI 2009a) Anforderungen an die Qualität und den Umfang einer Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen A05, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Villigen, Schweiz
- (ENSI 2009b) Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen: Umfang Methodik und Randbedingungen der technischen Störfallanalyse, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen A01, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Villigen, Schweiz
- (ENSI 2009c) Sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen: Planung, Herstellung und Montage, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen G11, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Villigen, Schweiz
- (Ernst Basler + Partner 1999) Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Autobahn, Unterarbeitsgruppe „Beurteilung Verkehrswege“, 98172-2, Ernst Basler + Partner AG, Zollikon, Schweiz
- (Ernst Basler + Partner 2007) Personenrisiken beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn, Aktualisierte netzweite Abschätzung der Personenrisiken (screening 2006), SBB, BLS AG, BAV, BAFU, Ernst Basler + Partner AG, Zollikon, Schweiz
- (ERPG 2009) Current ERPG-Values (2008), American Industrial Hygiene Association, www.aiha.org/1documents/Committees/ERP-erpglevels.pdf
- (ESRI 2008) Software ArcGIS 9.3, Environmental Systemes Research Institute (ESRI Inc)

- (Euratom 1996) Richtlinie 96/29 Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen, Rat der Europäischen Union, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 159/1, Brüssel, Belgien
- (Ferry et al. 2005) Evidence for Holocene Paleoseismicity Along the Basel-Reinach Active Normal Fault (Switzerland): A Seismic Source for the 1356 Eartquake in the Upper Rhine Graben, Ferry, A., Meghraoui, M., Delouis, B. & Giardini, D., Geophysical Journal International, vol. 160 Nr. 2, S. 554-572, 2005
- (Fröhlicher 1969) Die Grundwasservorkommen im Niederamt Olten - Aarau und die Möglichkeiten ihrer Nutzung., 21 Beilagen und 13 Tabellen, Fröhlicher H., Schweiz, 1969
- (GASO 2008) GASO Datenbank, Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn (Einsichtnahme)
- (GCPQRA 1999) Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Second Edition, Center for Chemical Process Safety (CCPS) of the American Institute of Chemical Engineers, Wiley & Sons, ISBN: 0-8169-0720-X, 1999
- (GeoExpert 2008) Seismische Erkundung im Niederamt, Bericht 7. Januar 2008, GeoExpert AG, Schwerzenbach, Schweiz (unpubliziert)
- (GEWISS 2009) Strukturierung und Adressierung des Gewässernetzes, 1:25'000, nach Modell gwn25-07, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz, www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/
- (Giardini et al. 2004) Seismic Hazard Assessment of Switzerland, Giardini, D., Wiemer, S., Fäh, D. & Deichmann N., Schweizerischer Erdbebendienst (SED), ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 2004
- (GSchV 1998) Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, SR 814.201, Stand am 1. Juli 2008
- (HSK 1987) Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-101, Neudruck Januar 1993, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1989) Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-103, Neudruck 1993, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1992a) Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen, HSK-Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-30, Neudruck Januar 1993, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1992b) Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-27, Neudruck Januar 1993, Hauptabteilung für die Sicherheit der

- Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1993) Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-32, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1994) Beurteilung der Gefährdung des Kernkraftwerks Gösgen durch den Bau einer Parallellleitung zur Transitgasleitung - Abschnitt Wallbach - Däniken, Aktennotiz HSK 17/215 vom 21. März 1994, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 1995) Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-7, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2001) Anerkennung von Strahlenschutz - Ausbildungen und Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-37, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2003) Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen, Richtlinie für schweizerische Kernanlagen R-11, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2006) Referenzszenarien für den Notfallschutz in der Umgebung der schweizerischen Kernkraftwerke, Ausgabe 2, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2007) Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den KKW Standorten in der Schweiz (Projekt PEGASOS), HSK-AN-6252, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2008a) Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen G14, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (HSK 2008b) Organisation von Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen G07, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, Schweiz
- (IAEA 1991) Safety Culture, Safety Series No. 75-INSAG-4, International Nuclear Safety Advisory Group, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2002) Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants Safety Guide No. NS-G-3.3, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2003) Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements No. NS-R-3, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2005) Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants Safety, Safety Guide No. NS-G1.13, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria

- (IAEA 2007) Preliminary findings and lessons learned from the 16 July 2007 earthquake at Kashiwazaki-Kariwa NPP, Engineering safety review service, seismic safety expert mission 6-10 August 2007, Mission Report Volume I and II, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2008) Follow-up IAEA mission in relation to the findings and lessons learned from the 16 July 2007 earthquake at Kashiwazaki-Kariwa NPP, Engineering safety review service, seismic safety expert mission 28 January - 1 February 2008, Mission Report Volume I and II, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2009) 2nd follow-up IAEA mission in relation to the findings and lessons learned from the 16 July 2007 earthquake at the Kashiwazaki-Kariwa NPP, Engineering safety review service, seismic safety expert mission 1-5 December 2008, Mission Report, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (ICRP 1993) Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission 1990, ICRP-Veröffentlichung 60, Bundesamt für Strahlenschutz (DE), Bundesamt für Gesundheit (CH), Bundesministerium für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz (AT), Stuttgart, Deutschland
- (ICRP 2006a) Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public, ICRP Publication 101 Part 1, International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2006
- (ICRP 2006b) The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, ICRP Publication 101 Part 2, International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2006
- (ICRP 2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, International Commission on Radiological Protection (ICRP)
- (Interoil 2009) PEGASOS Refinement Project, Site Investigations for KKG & ATEL, Report IO09-TA0618, InterOil E&P Switzerland AG, Zürich, Schweiz
- (Jäckli & Kempf 1972) Hydrologische Karte Bözberg - Beromünster, Erläuterungen, Schweiz. Geotech. Komm., Zürich, Schweiz
- (Jordan 1992) Evidence for large-scale decoupling in the Triassic evaporites of Northern Switzerland - An overview, Eclogae geol. Helv. 85/3, 677-693, 1992
- (Jordan 2007) Digitales Höhenmodell, Basis Quartär, Nagra Arb. Ber. NAB 07-12, Nagra Wettingen, Schweiz
- (Kageyama et al. 2003) Development of three-dimensional base isolation system with cable reinforcing air spring, Kageyama, M, Iba, T., Umeki, K, Somaki, T. & Moro, S., 17 International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology-SMIRT 17, paper no. Ko9-5, Prague, Czech Republic
- (Kanton AG 2003) Bevölkerungsprognose 2002, Statistische Mitteilung Nr. 83, Statistisches Amt des Kantones Aargau, Aarau, Schweiz
- (Kanton AG 2007a) Pflegeheimliste für den Kanton Aargau, Stand Oktober 2007, Departement Gesundheit und Soziales des Kantones Aargau, Gesundheits-

- dienste, Aarau, Schweiz
- (Kanton AG 2007b) Spitalliste für den Kanton Aargau, Stand April 2007, Departement Gesundheit und Soziales des Kantones Aargau, Gesundheitsdienste, Aarau, Schweiz
- (Kanton AG 2009a) Schulstatistik 2008/2009, Statistisches Amt des Kantones Aargau, Heft 101, Aarau, Schweiz
- (Kanton AG 2009b) Rahmenbewilligungsgesuch Kernkraftwerk Niederamt (KKN): Stellungnahme AVS, Chemiesicherheit vom 7. Mai 2009, Departement Gesundheit und Soziales, Amt für Verbraucherschutz, Kanton Aargau, Schweiz
- (Kanton AG, BE, SO 1996) Hydraulische, geschiebemechanische und flussmorphologische Machbarkeitsstudie zur Reaktivierung des Geschiebehauhalts der Aare zwischen der Emme und dem Rhein, Baudepartement des Kantones Solothurn; Bau-, Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement des Kantones Bern; Baudepartement des Kantones Aargau, Technischer Bericht, Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich, Schweiz
- (Kanton BE 2007) Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare, EHW Aare, Bericht 2007, Bau- Verkehrs- und Energiedirektion des Kantones Bern, Bern, Schweiz
- (Kanton BL 2006) Anzahl der Schüler 2006, Statistisches Amt des Kantones Basel-Landschaft, E-Mail vom 06.03.2008
- (Kanton BL 2007) Spitalliste für den Kanton Basel-Landschaft 2007, Statistisches Amt des Kantones Basel-Landschaft, Liestal, Schweiz
- (Kanton SO 2002) Schulstatistik, Stand 2002, Departement für Bildung und Kultur des Kantones Solothurn, Solothurn, Schweiz
- (Kanton SO 2005) Gesamtübersicht mittleres Szenario nach Gemeinden/Bezirken/Raumplanung/ Agglomerationen, Amt für Finanzen, Solothurn, Schweiz, www.so.ch/departemente/finanzen/amt-fuer-finanzen/statistik/themen/bevoelkerung/prognose.html
- (Kanton SO 2007) Durchschnittliche Anzahl belegte Betten 2007, Solothurner Spitäler AG, Direktion Kantonsspital Olten, E-Mail vom 05.03.2008
- (Kanton SO 2008) Heimliste 2008 Kanton Solothurn, Department des Innern des Kantones Solothurn, Solothurn, Schweiz
- (Kanton SO 2009) Rahmenbewilligungsverfahren KKN; Amt für Umwelt (AfU), Kanton Solothurn, Fachstelle Anlagensicherheit, E-Mail vom 4. Mai 2009
- (Kanton SO, AG 2009) Erneuerung der Konzession für das Kraftwerk Gösgen, Voruntersuchungen und Pflichtenheft: Stellungnahme der Umweltschutzfachstellen der Kantone Aargau und Solothurn; Schreiben vom 26. Februar 2009
- (Kanton ZH 1992) Schadenausmasseseinschätzung, Referenzbeispiele und Hilfsmittel, Direktion des Innern des Kantones Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Zürich, Schweiz
- (Kastrup et al 2004) Stress field variations in the Swiss Alps and the northern Alpine foreland derived from inversion of fault plane solutions, Kastrup, U., Zoback, M. L., Deichmann, N., Evans, K.F., Giardini, D. & Michael, A.J., Journal of

- Geophysical Research 109, BO1402, 2004
- (Kastrup et al 2007) Evidence for an active fault below the Northwestern Alpine Foreland of Switzerland, Kastrup, U., Deichmann, N., Fröhlich, A. & Giardini, D., Geophysical Journal International, 169(3), 1273-1288, 2007
- (Kaufmann + Bader 2009) Waldstandort-Kartierung und Waldbrand-Beurteilung, Fachbericht Wald, Kaufmann + Bader Forstingenieure/Umweltfachleute, BSB+Partner Ingenieure und Planer, Dokument-Nr. 20909_090715, Version 4, Solothurn, Schweiz
- (KEG 2003) Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003, SR 732.1, Stand am 1. Januar 2009
- (Kelly 2004) Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Performance Based Engineering, Kapitel 11 Seismic Isolation, Kelly, J.M., Bozorgnia & Bertero (Hrg), CRC Press, 2004
- (KEV 2004) Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004, SR 732.11, Stand am 1. Januar 2009
- (KKG 2009a) Grundwassersituation KKG: Messdaten vom 01.09.1979 bis 30.06.2009; Technisches Protokoll TNP-D-29917, Rev. v5, Kernkraftwerk Gösgen, Däniken, Schweiz
- (KKG 2009b) PEGASOS Refinement Project: Ingenieurtechnische Bewertung seismischer Störungen im Umkreis des Standortes Niederamt/Gösgen, Aktennotiz ANO-D-37210, Kernkraftwerk Gösgen, Däniken, Schweiz
- (KKN 2008a) Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt, Sicherheitsbericht, Ber-08-003 Version V002 vom 01.10.2009, Kernkraftwerk Niederamt AG, Olten, Schweiz
- (KKN 2008b) Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt, Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung, Ber-08-007, Version V002 vom 14.10.2009, Kernkraftwerk Niederamt AG, Olten, Schweiz
- (KKN 2008c) Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt, Umweltverträglichkeitsbericht 1. Stufe, Ber-08-006, Version V002 vom 14.10.2009, Kernkraftwerk Niederamt AG, Olten, Schweiz
- (KomABC 2006) Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen, Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz, KomABC 2006-03-D
- (KSA 2004) Sicherheitskultur in einer Kernanlage, Erfassung, Bewertung, Förderung, KSA-Report No. 04-01, Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA), Villigen, Schweiz
- (KTA 1999) Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren, Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses, KTA-Regel 3301, Fassung 6/99, www.kta-gs.de
- (KTA 2000) Auslegung von Kernkraftwerken gegen Seismische Einwirkungen, Teil 2: Baugrund, Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses, KTA-Regel 2201.2, Fassung 06/00, www.kta-gs.de
- (KTA 2001) Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung, Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses, KTA-Regel 1401,

- Fassung 06/01, www.kta-gs.de
- (KTA 2006) Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre, Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischen Ausschusses, KTA-Regel 1508, Fassung 11/06, www.kta-gs.de
- (Laubscher 1961) Die Fernschubhypothese der Jurafaltung, *Eclogae geol. Helv.* 54/1, 221-282, 1961
- (Laubscher 1985) The eastern Jura: relations between thin-skinned and basement tectonics, local and regional, *Nagra Tech. Ber. NTB 85-53*, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Laubscher 2008) Hundert Jahre Aschermodell für den Faltenjura - seine Beziehung zum Tafeljura aus heutiger Sicht, *Jb. Mitt. Oberrhein, Ver. N.F.90*, 19-43, Stuttgart, Deutschland
- (LeV 1994) Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV) vom 30. März 1994, SR 734.31, Stand am 1. September 2009
- (Mayer-Rosa et al. 1984) Mikrobeben-Untersuchungen Nordschweiz, Mayer-Rosa, D., Dietiker, M., Deichmann, N., Renggli, K., Braendli, J., Studer, J. & Rutishauser, G., *Nagra Tech. Bericht NTB 84-11, Teil 1*, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (MeteoSchweiz 2009a) Basisanalysen ausgewählter klimatologischer Parameter am Standort KKW-Gösgen, *Arbeitsberichte MeteoSchweiz*, 225, Veröffentlichung Ende 2009 geplant
- (MeteoSchweiz 2009b) SwissMetNet - Das neue meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz, www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/projekte/swissmetnet.-html
- (Monecke et al 2006) Earthquake-induced Deformation Structures in Lake Sediments - The Paleoseismic Record for Central Switzerland, Monecke, K., Anselmetti, F.S., Becker, A., Schnellmann, M., Sturm, M. & Giardini, D., *Eclogae geol. Helv.* 99, 343-362, 2006
- (Müller & Briegel 1980) Mechanical aspects of the Jura overthrust, *Eclogae geol. Helv.* 73/1, 239-250, 1980
- (Müller et al. 1984) Erläuterung zur "Geologischen Karte der zentralen Nordschweiz 1:100'000", Müller, W.H., Huber, M., Isler, A. & Kleboth, P., *Nagra Tech. Ber. NTB 84-25*, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Müller et al. 2002) Geologische Entwicklung der Nordschweiz, Neotektonik und Langzeitszenarien Zürcher Weinland, Müller, W.H., Naef, H. & Graf, H.R., *Nagra Tech. Ber. NTB 99-08*, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Naef 2009) Reflexionsseismik Gösgen 2007/2008, Kurzbericht Nr. CH 09-04
- (Nagra 2004) Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGASOS Project), Final Report, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Nagra 2005) Darstellung und Beurteilung der aus sicherheitstechnisch- geologischer Sicht möglichen Wirtgesteine und Gebiete, *Nagra Tech. Ber. NTB 05-02*, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Nagra 2008) Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das

- (NEA 2005) HAA-Lager, Nagra Tech. Ber. NTB 08-04, Nagra, Wettingen, Schweiz
Optimisation in Operational Radiological Protection - A Report by the Working Group on Operational Radiological Protection of the Information System on Occupational Exposure, Nuclear Energy agency (NEA), NEA No. 5411, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)
- (Notfallschutzverordnung 1983) Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (Notfallschutzverordnung) vom 28. November 1983, SR 732.33, Stand am 1. Januar 2009
- (Nuclear Pools' Forum 2006) International Guidelines for the Fire Protection of Nuclear Power Plants, Nuclear Pools' Forum, 4th Edition, 2006
- (Nujic 2008) HYDRO_AS-2D, zweidimensionale Strömungs- und Abflusssimulation, ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Dr.- Ing. Marinko NUJIC, Rosenheim, Deutschland, www.ib-nujic.de/
- (Nuklearforum 2007) Angebot und Bedarf in der nuklearen Lehre und Forschung in der Schweiz, Nuklearforum Schweiz, Bern, Schweiz
- (OcCC 2007) Klimaänderung und die Schweiz 2050, Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), Departement des Innern (EDI) und Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), ProClim - Forum für Klima und Global Change der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Bern, Schweiz
- (OcCC 2008) Das Klima ändert - was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), Departement des Innern (EDI) und Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bern, Schweiz
- (Pavoni 1961) Faltung durch Horizontalverschiebung, Eclogae geol. Helv. 54/2, 516-534
- (Pfiffner & Heitzmann 1997) Geological interpretation of the seismic profiles of the central traverse (lines C1, C2 and C3-north), Pfiffner, O.A. & Heitzmann P., 1997. In: Results of NPR 20 deep structure of the Swiss Alps, Birkhäuser, Basel, Switzerland
- (PMP 2007) Cartes des précipitations extrêmes pour la Suisse, Hertig, J.-A, Audouard, A., Laboratoire de mécanique des fluides environnementale - EFLUM, Rapport final, décembre 2005, revidierte PMP-Karten, novembre 2007, EPFL, Lausanne, Suisse
- (Priolo et al. 2003) Estimation of the median near fault ground motion in Switzerland, Priolo, E., Vuan, A., Klinc, P., Laurenzano, G., report #8, PEGASOS Technical Note EXT-TN-0384
- (Rahmenbericht Erdgas 1997) Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen, Rahmenbericht, Revidierte Ausgabe 1997, Schweizerische Erdgaswirtschaft in Zusammenarbeit mit SKS Ingenieure AG, Zürich, Schweiz

- (Roth 2003) Comparison between the SP2 final models and the OGS near-field simulations, PEGASOS Technical Note TP2-TN-0385
- (Rüegg-Stürm 2002) St. Galler Management Modell (SGMM), die neuen Grundkategorien einer integrierten Managementlehre, der HSG-Ansatz, Haupt Verlag, 2002, Bern, Schweiz
- (SAFER TRACE 2006) Engineering-Grade Chemical Emergency Response Management Solution for Risk Analysis, Prediction and Evaluation, Version 9.1 (2006), SAFER Systemes, LLC, Camarillo, CA 93012, USA
- (SBB 2000) Propangastankanlagen zur Weichenheizung, Bahnspezifisches Zusatzprotokoll vom 28. März 2000, SBB
- (Schlatter 2008) Neotektonische Untersuchungen in der Nordschweiz: Kinematische Ausgleichung der Landesnivellementlinien und Übersicht über die Ergebnisse der geodätischen Messungen, Nagra Arb. Ber. NAB 07-13, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (Schmassmann 1994) Geotechnischer-Hydrogeologischer Bericht der Bohrungen BT 5 und BT 6 / BT 6*, SBB CFF FFS Hauptabteilung Bau Kreis II, Ingenieurbau, 2. Doppelspur Aarau-Däniken, Eppenbergtunnel, Anhänge A1+A2, Geologisches Institut Dr. Schmassmann, Aarau, Schweiz
- (Schnellmann et al. 2006) 15'000 Years of Mass-Movement History in Lake Lucerne: Implications for Seismic and Tsunami Hazard, Schnellmann, M., Anselmetti, F.S., Giardini, D., & McKenzie, J.A.; Eclogae geol. Helv. 99, 409-428, 2006
- (SDR 2002) Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) vom 29. Nov. 2002, SR 741.621, Stand am 01. Januar 2008
- (SED 2008) Earthquake Catalogue of Switzerland; Schweizerischer Erdbebendienst (SED), www.seismo.ethz.ch.
- (SIA/SN 2003) Einwirkungen auf Tragwerke, Norm SIA 261 / Schweizer Norm SN 505 261, SIA/SN
- (Sieber Cassina + Partner 1996) PEMAG, Erneuerung Wasserkraftwerk Gösgen, Baugrunduntersuchungen 1994/1996., Sieber Cassina + Partner AG, Olten, Schweiz
- (SN 2004) Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierung, SN EN ISO 14688-2, Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV), Winterthur, Schweiz
- (SOGIS 2007) SO!GIS Kanton Solothurn, Richtplan - Bauzonen
- (SOGIS 2008) SO!GIS Kanton Solothurn, Interaktive Naturgefahrenhinweiskarte
- (Stat 2008) Statistikdienst Kanton Solothurn, Statistisches Amt Kanton Aargau, Statistisches Amt Basel-Landschaft, Amt für Statistik Kanton Luzern
- (Stat-Verordnung 1993) Verordnung über die Durchführung von statistischen Erhebungen des Bundes (Statistikerhebungsverordnung) vom 30. Juni 1993, SR 431.012.1, Stand am 1. Februar 2009
- (StfV 1991) Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StfV) vom 27. Februar 1991, SR 814.012, Stand am 1. Juli 2008

- (Strasser et al. 2006) Magnitudes and Source Areas of Large Prehistoric Northern Alpine Earthquake Revealed by Slope Failures in Lakes, Strasser, M., Anselmetti, F.S., Fäh, D., Giardini, D., & Schnellmann, M, Geology 34, 1005-1008, 2006
- (Strohm & Ulich 1999) Ganzheitliche Betriebsanalyse unter Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation (MTO-Analyse), Strohm O., Ulich, E., 1999. Aus: Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren, Dunckel H., Band 14, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, Schweiz
- (StS-Ausbildungsverordnung 1998) Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung) vom 15. September 1998, SR 814.501.261, Stand am 1. Januar 2009
- (StSG 1991) Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991, SR 814.50, Stand am 28. Dezember 2004
- (StSV 1994) Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994, SR 814.501, Stand am 1. Januar 2008
- (Studer et al. 2007) Bodendynamik - Grundlagen, Kennziffern, Probleme und Lösungsansätze, Studer, J.A., Laue, J. & Koller, M.G, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2007
- (SUVA 2009) Grenzwerte am Arbeitsplatz 2009, Suva, Abteilung Arbeitsmedizin, Luzern
- (Swissgas 2008) Erdgas-Zusammensetzung der Swissgas-Importe im Jahr 2008, Schweizerische Aktiengesellschaft für Erdgas (Swissgas), Zürich, Schweiz, www.swissgas.ch/media/pdfs/Erdgas-Zusammensetz_D_08.pdf
- (Swisstopo 2007) Gemeindegrenzen GG25, Bundesamt für Landestopographie Swisstopo, www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/gg25.html
- (Tajirian et al. 1990) Elastomeric Bearings for Three-Dimensional Seismic Isolation, ASME PVP Conference, Tajirian, F., Kelly, M., Aiken, I. & Veljovich, W., Nashville, Tennessee, June 1990
- (Terzaghi 1967) Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1967, New York, USA
- (TorDACH 2008) TorDACH Ausbildungsmaterial, TorDACH - Kompetenzzentrum für Lokale Unwetter, www.tordach.org/
- (TSM 2007) Milchproduktion 2006/2007, TSM Treuhand GmbH, Bern, E-Mail vom 05.12.2007
- (USACE 1991) Frazil Ice Blockage of Intake Trash Racks, Steven F. Daly, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Technical Digest No. 91-1, www.crrel.usace.army.mil/techpub/CRREL_Reports/reports/CRTD91_01.pdf
- (USNRC 1998) General Site Suitability Criteria für Nuclear Power Stations, Regulatory Guide 4.7, US Nuclear Regulatory Commission (USNRC), Revision 2

- (Ustaszewski & Schmid 2007) Neotectonic activity in the Upper Rhine Graben - Jura Mountains junction (North-Western Switzerland and adjacent France), Bull. Angew. Geol., 12/1, 3-19, 2007
- (UVEK 2003) Extremereignisse und Klimaänderung, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), Departement des Innern (EDI) und Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bern, Schweiz
- (UVEK 2008) Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien vom 16. April 2008, SR 732.112.1, Stand am 1. Mai 2008
- (UVEK 2009) Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009, SR 732.112.2, Stand am 1. August 2009
- (VAPK 2006) Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) vom 9. Juni 2006, SR 732.143.1, Stand am 1. Januar 2009
- (VBWK 2006) Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK) vom 9. Juli 2006, SR 732.143.2, Stand am 1. Januar 2009
- (VDI 2000) Meteorologische Messungen für Fragen der Luftreinhaltung - Wind, VDI-Richtlinie 3786, Blatt 2, Verein Deutscher Ingenieure (VDI)
- (VEOR 2007) Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR) vom 17. Oktober 2007, SR 520.17, Stand am 1. Januar 2009
- (Wells & Coppersmith 1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, Wells, D.L. & Coppersmith, K.J., Bull. Seismol. Soc., Am. 84, 974-1002, 1994
- (Wiget et al. 2007) GPS-Netz Neotektonik Nordschweiz 2004: Messkampagne im Auftrag der Nagra und Deformationsanalyse 1988-1995-2004, Wiget, A., Schlatter, A., Brockmann, E., Ineichen, D., Marti, U. & Egli, R., Nagra Arb. Ber. NAB 06-04, Nagra, Wettingen, Schweiz
- (WWA 1980/82) Regulierung der Jurarandseen bei Hochwasser, Wasserwirtschaftsamt des Kantones Bern (WWA), Bern, Schweiz
- (Yoo & Kulak 2002) Application of seismic isolation to the STAR-LM reactor, 10th International Conference on Nuclear Engineering, Arlington, Virginia, 14-18 April 2002: paper no. ICONE 10 - 22506
- (Yoo et al. 2000) Seismic base isolation technologies for Korea liquid metal reactor, Nuclear Engineering and Design, Yoo, B., Lee, J.-H., Koo, G.-H., Lee, H.-Y. & Kim, J.-B., 199 (1-2), 125-142, 2000
- (Ziegler 1990) Geological atlas of Western and Central Europe, Second and completely revised edition, Shell International petroleum, Maatschappij B.V., Elsevier, Amsterdam, Netherlands
- (Zippelt & Dierks 2007) Auswertung von wiederholten Präzisionsnivelements im südlichen Schwarzwald, Bodenseeraum sowie in angrenzenden schweizerischen Landesteilen, Nagra Arbeitsbericht NAB 07-27, Nagra, Wettingen, Schweiz

7 Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.2-1	Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal	9
Abbildung 2.2-2	Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal - Variante 1 (inkl. Zuordnung der Funktionsgruppen a - f gemäss Kapitel 2.2.2 zu den Teilarealen)	11
Abbildung 2.2-3	Übersichtskarte Niederamt mit Projektareal - Variante 2 (inkl. Zuordnung der Funktionsgruppen a - f gemäss Kapitel 2.2.2 zu den Teilarealen)	12
Abbildung 2.2-4	Möglicher Grundriss zentraler Gebäude zur Stromerzeugung in einem Kernkraftwerk (schematische Darstellung mit ungefährem Massstab) RA: Reaktoranlage, R: Reaktorgebäude, M: Maschinenhaus	15
Abbildung 2.2-5	Schematische Seitenansicht eines Hybridkühlturms mit ungefährem Massstab	15
Abbildung 3.2-1	Lage des Projektareales (Basis: Landeskarte 1 : 25'000, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BM092332)	34
Abbildung 3.2-2	Bevölkerungszahlen nach Gemeinden im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008	40
Abbildung 3.2-3	Bevölkerungszahlen nach Kreisringsektoren im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008	41
Abbildung 3.2-4	Bevölkerungszahlen und -dichte nach Kreisringsektoren im Umkreis von 10 km, Stand 31.12.2008	42
Abbildung 3.2-5	Verkehrsanbindungen in der Zone 1 und der näheren Umgebung von KKN	61
Abbildung 3.3-1	Karte der Region um den Standort KKN mit den Hauptverkehrswegen	64
Abbildung 3.3-2	Standorte der StFV-Betriebe im Umkreis von 8 km um den Standort KKN (einzelne Betriebe überlagern sich)	68
Abbildung 3.3-3	Erdgas-Hochdruckleitungen in der Region, Quelle: Gasverbund Mittelland AG	70
Abbildung 3.4-1	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr	101
Abbildung 3.4-2	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr	101
Abbildung 3.4-3	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Sommerhalbjahr	101

Abbildung 3.4-4	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Sommerhalbjahr.....	101
Abbildung 3.4-5	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Winterhalbjahr.....	102
Abbildung 3.4-6	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008, Winterhalbjahr.....	102
Abbildung 3.4-7	Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit in 10 m und 110 m Höhe, Messperiode Januar 1988 - Dezember 2008	104
Abbildung 3.4-8	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie A.....	107
Abbildung 3.4-9	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie A.....	107
Abbildung 3.4-10	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie B.....	108
Abbildung 3.4-11	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie B.....	108
Abbildung 3.4-12	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie C.....	108
Abbildung 3.4-13	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie C.....	108
Abbildung 3.4-14	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie D.....	109
Abbildung 3.4-15	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie D.....	109
Abbildung 3.4-16	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie E.....	109
Abbildung 3.4-17	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie E.....	109
Abbildung 3.4-18	Standort KKN, Windrose, Höhe 10 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie F.....	110
Abbildung 3.4-19	Standort KKN, Windrose, Höhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Diffusionskategorie F.....	110
Abbildung 3.4-20	Standort KKN und Station Buchs / Aarau, Niederschlagssumme im Monatsmittel der Einzelmonate (Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008)	114
Abbildung 3.4-21	Standort KKN, Niederschlagswindrose, Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Ganzjahr.....	115
Abbildung 3.4-22	Standort KKN, Niederschlagswindrose, Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Sommerhalbjahr.....	115

Abbildung 3.4-23	Standort KKN, Niederschlagswindrose Bezugshöhe 110 m, Messperiode Januar 1989 - Dezember 2008, Winterhalbjahr	115
Abbildung 3.4-24	Extremwertauswertung der Böenspitzen in 10 m Höhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall	121
Abbildung 3.4-25	Extremwertauswertung der Böenspitzen in 110 m Höhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall	121
Abbildung 3.4-26	Extremwertauswertung der 10-Minuten-Niederschläge am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall	126
Abbildung 3.4-27	Extremwertauswertung der Schneehöhe am Standort KKN: Verteilungsfunktion der bestimmten Gumbelverteilung mit 90 %-Konfidenzintervall	128
Abbildung 3.4-28	Mittlere Temperatur für das ganze Jahr sowie den Winter (DJF) und den Sommer (JJA) mit linearen Ausgleichgeraden zur Orientierung	132
Abbildung 3.4-29	Niederschlagssumme für das ganze Jahr sowie das Winterhalbjahr (Oktober - März) und das Sommerhalbjahr (April - September) mit linearen Ausgleichgeraden zur Orientierung	133
Abbildung 3.5-1	Tages- und Jahresmittelwerte der Abflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal)	137
Abbildung 3.5-2	Maximalabflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal).....	138
Abbildung 3.5-3	Minimalabflüsse am Standort KKN (umgerechnet aus den Messwerten von Murgenthal).....	139
Abbildung 3.5-4	3-Parameter log-Normalverteilung der Jahresmaxima Standort KKN mit 90% Konfidenzintervall	142
Abbildung 3.5-5	Frequenzanalyse der Jahresminima Murgenthal mit 90% Konfidenzintervall	147
Abbildung 3.5-6	Zusammenhang zwischen den absoluten Minimalabflüssen zu den minimalen Tagesmittelwerten.....	148
Abbildung 3.5-7	Charakteristische Korndurchmesser d_m und d_{90} des Sohlenmaterials der Aare im Längenprofil (Kanton AG, BE, SO 1996)	149
Abbildung 3.5-8	Charakteristische Korndurchmesser d_m und d_{90} des transportierten Geschiebes der Aare im Längenprofil (Kanton AG, BE, SO 1996) (c: Abriebfaktor, SG: Seitengewässer)	150
Abbildung 3.5-9	Langjähriger Anstieg der mittleren Wassertemperatur in Schweizer Flüssen (schwarze Kurve) seit 1965, paralleler Verlauf zum Anstieg der Lufttemperatur (blau) (OcCC 2007)	151

Abbildung 3.5-10	Gemittelte Monatsmittelwerte der Wassertemperaturen der Aare, Messstation Pegel Aare - Brugg. Jahresmittelwerte sowie Vergleich mit den Jahreszeiten mit linearen Ausgleichgeraden zur Orientierung	152
Abbildung 3.5-11	Verteilungsfunktion der jährlichen Wasserminimaltemperatur am Pegel Aare - Brugg, angepasst an die Tagesminimaltemperaturen der Jahre 1974 - 2008, mit 90 % Konfidenzintervall	154
Abbildung 3.5-12	Verteilungsfunktion der jährlichen Wassermaximaltemperatur am Pegel Aare - Brugg, angepasst an die Jahrestagesmaxima der Jahre 1974 - 2008, mit 90% Konfidenzintervall	155
Abbildung 3.5-13	Hochwasserganglinie für den 10^{-4} /a-Hochwasserabfluss am Standort KKN	158
Abbildung 3.5-14	Geschiebeganglinie (Q_G) im Falle des 10^{-4} /a-Hochwasserabflusses	159
Abbildung 3.5-15	Geländemodell für das zweidimensionale Modell	160
Abbildung 3.5-16	Position der ermittelten Querprofile aus dem 2D-Geländemodell (rot) für das 1D-Modell und die vor Ort aufgenommenen Querprofile im Gelände (weiss)	161
Abbildung 3.5-17	Gemessene und berechnete Wasserspiegel am UW-Pegel Wehr Winznau.....	162
Abbildung 3.5-18	Luftaufnahme während des Hochwassers von 2007 (X stellt eine Orientierungshilfe zum Vergleich mit der Abbildung 3.5-19 dar. Der Pfeil zeigt die Fliessrichtung in der Alten Aare)	162
Abbildung 3.5-19	Simulationsergebnis des Hochwassers von 2007 (X stellt eine Orientierungshilfe zum Vergleich mit der Abbildung 3.5-18 dar. Der Pfeil zeigt die Fliessrichtung in der Alten Aare)	163
Abbildung 3.5-20	Gemessene und berechnete Wasserspiegel am UW-Pegel Wehr Winznau.....	164
Abbildung 3.5-21	Bresche im Seitendamm des Oberwasserkanales und Lage der kritischen Stelle für die berechneten Wasserstände	167
Abbildung 3.5-22	Die berechneten Wasserstände und die Überschwemmungsfläche in Folge des 10^{-4} /a-Hochwasserabflusses (Szenario 1 - 7)	168
Abbildung 3.5-23	Verklauungsstelle - Aarebrücke Gösgen	169
Abbildung 3.5-24	Standort der Breschen im Seitendamm des Oberwasserkanales	171
Abbildung 3.5-25	Sohlenlage vor (braun) und nach (rot) dem Hochwasser ohne Geschiebeeintrag (keine erkennbaren Änderungen).....	173
Abbildung 3.5-26	Maximale Auflandungen (rot) nach dem Hochwasser mit Geschiebeeintrag (braun: Ausgangssole)	174
Abbildung 3.5-27	Maximale Sohlenschubspannung für den Fall des 10^{-4} /a-Hochwasserabflusses (rechte Uferpartien mit lokalem Gefahrenpotential sind rot umrandet)	175
Abbildung 3.5-28	Berechnete Wasserstände für das Szenario (2 - 7)	177

Abbildung 3.5-29	Grundwasserverhältnisse im Standortgebiet mit Angabe der Schutzzonen um öffentliche Fassungen. Darstellung der Grundwasserausdehnung und der Isohypsen bei Höchststand (AfU Solothurn 2003).....	180
Abbildung 3.5-30	Standorte der Grundwasserpermanentmessstellen (grün) und Wasserfassungen gemäss dem GIS-System des AfU Solothurn (blau) (AfU Solothurn 2007). Einzelne Pumpwerke dienen auch als Messstelle (blau/grün)	181
Abbildung 3.5-31	Veränderung der Grundwasserspiegel (farbige Linien) und Verhältnis der Aareabflüsse (schwarze Linie; rechte Achse) beim Hochwasser von August 2005 gegenüber den langjährigen Mittelwerten	182
Abbildung 3.5-32	Aufzeichnung der täglichen 12-Uhr-Werte an der Grundwassermessstelle 0VX01L001 des KKG (KKG 2009a)	183
Abbildung 3.5-33	Karte der Grundwassermächtigkeit im Aaretal (Niederramt) bei Mittelwasserstand (AfU Solothurn 2008a)	184
Abbildung 3.5-34	Grundwassertemperatur an der Messstelle Li Dängertwäldli	186
Abbildung 3.5-35	Veränderung des Grundwasserspiegels gegenüber den Mittelwerten (oben Niederschlag)	190
Abbildung 3.5-36	Veränderung der Grundwasserspiegel im trockenen Jahr 2003 gegenüber den Mittelwerten (im Jahr 2003 fielen nur ca. 75 % der langjährig mittleren Niederschläge)	191
Abbildung 3.5-37	Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am PW Insel.....	192
Abbildung 3.5-38	Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am PW Spitzacker	192
Abbildung 3.5-39	Verteilungsfunktion der Grundwasserspiegel am Li Dängertwäldli	193
Abbildung 3.5-40	Extremwertverteilung der Jahresminima des Grundwasserspiegels am Standort PW Insel.....	194
Abbildung 3.5-41	Grundwassermodell, exemplarischer Einfluss der Tiefgründung der Reaktoranlage auf die Grundwasserspiegellage, Aufstau und Absenkung.....	198
Abbildung 3.5-42	Grundwassermodell, exemplarische Grundwasserspiegeländerungen im Falle einer hypothetischen gleichzeitigen Grundwasserentnahme (rote Isohypsen) mit einer Rate von 0.1 m ³ /s in KKG und 0.2 m ³ /s in KKN unter extremen Trockenheitsverhältnissen (blaue und grüne Isohypsen: alleinige Förderung am Standort KKN oder KKG).....	199
Abbildung 3.6-1	Lageplan des Untersuchungsgebietes KKG/KKN mit Lage der Bohrungen und Feldmessungen	203
Abbildung 3.6-2	Tektonische Karte der zentralen und westlichen Nordschweiz mit dem angrenzenden süddeutschen Raum.....	206
Abbildung 3.6-3	Geologisches/hydrogeologisches Querprofil durch das Aaretal bei Däniken aus (Jäckli & Kempf 1972))	206

Abbildung 3.6-4	Geologische Interpretation der reflexionsseismischen Streichlinie 83-NS-22 zwischen Dulliken und Oberentfelden (A) und der Falllinie 83-NF-06 zwischen Stüsslingen und der Born-Engelberg-Antiklinale (B) (Nagra 2008, Beilagen 5.2-7 und 5.2-11).....	207
Abbildung 3.6-5	Herdmechanismen in der Nord- und Zentralschweiz (Deichmann et al. 2000) auf geologischer Übersichtskarte (Müller et al. 2002).....	209
Abbildung 3.6-6	Überblick über die Orientierung des rezenten Spannungsfelds in der Nordschweiz (Müller et al. 2002).....	211
Abbildung 3.6-7	Höhenänderung in der Nordschweiz und im angrenzenden Süddeutschland (Müller et al. 2002).....	212
Abbildung 3.6-8	Zweidimensionale Verformungsraten ermittelt aus GPS-Messungen: P- und T-Achsen in einem Gitter von 10 km x 10 km. P-, T-Achsen mit positiven Werten sind als rote, negative als blaue Halbpfleile dargestellt (Wiget et al. 2007).....	213
Abbildung 3.6-9	Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 2.5$	221
Abbildung 3.6-10	Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007, Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$	222
Abbildung 3.6-11	Erdbebenkatalog ECOS; Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 1.0$ bis 5.0, Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$	223
Abbildung 3.6-12	Erdbebenkatalog ECOS; Historische Erdbeben 250 - 1974: $M_w > 2.5$, Herdtiefe < 15 km, > 15 km, Instrumentell erfasste Erdbeben 1975 - 2007: $M_w < 1-5$, Herdtiefe < 15 km, > 15 km.....	224
Abbildung 3.6-13	Erdbebengefährdungskarte der Schweiz (Schweizerische Erdbebendienst ETH Zürich). Dargestellt sind die statistisch ermittelten Bodenbeschleunigungen (in m/s^2) für eine Eintrittswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ und eine spektrale Frequenz von 5 Hz. Blau-grün: schwache Gefährdung, gelb: mittlere Gefährdung, rot: erhöhte Gefährdung.....	226
Abbildung 3.6-14	Beispiel der Aufteilung in seismische Flächenquellen und in zwei lineare Störungszonen durch die Expertengruppe EG1a. Die seismischen Quellen sind auf dem Hintergrund einer geologischen Karte dargestellt.	229
Abbildung 3.6-15	Gefährdungskurve für den Standort KKG. Horizontalkomponente der spektralen Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche. Darstellung der Unsicherheitsverteilung durch die Mittelwert-, die Median- und die 5 %-, 16 %, 84 %- und 95 %-Fraktilkurven.....	232
Abbildung 3.6-16	Einheitsgefährdungsspektrum für den Standort KKG. Horizontale Komponente der spektralen Bodenbeschleunigung an der Geländeoberfläche in Abhängigkeit von der Frequenz für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von $10^{-4}/a$ und bei 5 % Dämpfung.....	233
Abbildung 3.6-17	Deaggregation der mittleren Erdbebengefährdung für den Felshorizont am Standort KKG, für eine Horizontalbeschleunigung von 0.15 g und eine Frequenz von 100 Hz (PGA).....	234

Abbildung 3.6-18	Felsisohypsenkarte aus der Standortregion (Jordan 2007).....	241
Abbildung 3.6-19	Projektareal KKN	246
Abbildung 3.6-20	Perspektive Ansicht des 3D-Schichtenmodelles am Standort (Interoil 2009). Blick von Südsüdost gegen den nördlichen Talrand	248
Abbildung 3.6-21	Schematisches geologisches Profil am Standort aus (AF-Colenco 2009h)	249
Abbildung 3.6-22	Kornverteilungskurven Kies (oben) und Sand (unten), Daten aus Bohrungen 2008 - 2009 (Interoil 2009).....	252
Abbildung 3.6-23	a) PRP Bohrungen am Standort: Ergebnisse aller SPT Schlagzahlen N ₃₀ , Werte bei > 100 abgeschnitten b) Vertikale Verteilung der Sandlinsen im Schichtprofil	258
Abbildung 3.6-24	Grenzen für Verflüssigungspotential gemäss (KTA 2000), Vergleich mit Kornverteilung von KKN Bodentyp 2	259
Abbildung 3.6-25	Prinzip der seismischen Basisisolierung (Baur 2003), Reduktion der Anregung durch Verschiebung der Eigenfrequenz und Erhöhung der Dämpfung	266
Abbildung 3.7-1	Übersichtsschema Netzanbindungslösung 1 (380-kV und 220-kV)	277
Abbildung 3.7-2	Übersichtsschema Netzanbindungslösung 2 (380-kV und 220-kV)	278
Abbildung 5.2-1	Qualitätssicherung für das Rahmenbewilligungsgesuch	306
Abbildung 5.2-2	Beziehung zwischen Mensch-Technik-Organisation	310
Abbildung 5.3-1	Projektorganisation für die Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuches ...	312
Abbildung 5.3-2	Projektorganisation der Gesuchstellerin seit Anfang 2009.....	314

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.2-1	Ungefähre Abmessungen der wichtigsten Gebäudekomplexe.....	16
Tabelle 2.2-2	Angaben zum Bau und Betrieb der generischen Anlage.....	16
Tabelle 3.1-1	Externe Ereignisse gemäss Richtlinie ENSI-A05 mit Angabe der Kapitel im Sicherheitsbericht, in denen sie behandelt sind	26
Tabelle 3.1-2	Externe Ereignisse, die keine Gefährdung für das Projektareal KKN darstellen	29
Tabelle 3.1-3	Externe Ereignisse ohne externe Folgeereignisse	29
Tabelle 3.1-4	Externe Ereignisse, die gemäss ENSI-A05 kombiniert werden.....	29
Tabelle 3.2-1	Bevölkerungszahlen im Umkreis von 10 km um den Standort KKN, Stand 31.12.2008	36
Tabelle 3.2-2	Öffentliche Einrichtungen im Umkreis von 10 km um den Standort KKN, in denen sich mehr als 200 Personen aufhalten können und Betriebsstätten mit mehr als 200 Beschäftigten	44

Tabelle 3.2-3	Vegetation und Bodennutzung in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort KKN liegen (Flächenangaben in ha).....	47
Tabelle 3.2-4	Obstbau in den Gemeinden, die ganz oder teilweise im Umkreis von 5 km um den Standort KKN liegen	49
Tabelle 3.2-5	Nutztierbestände (Anzahl Tiere) im Umkreis von 10 km um den Standort KKN	50
Tabelle 3.2-6	Milchproduktion (gelieferte Milch in Tonnen pro Jahr) im Umkreis von 10 km um den Standort KKN (TSM 2007).....	52
Tabelle 3.2-7	Ständige Wohnbevölkerung nach den drei Grundszenarien (in 1'000)	55
Tabelle 3.2-8	Bevölkerungsentwicklung (Prognose) der Solothurner Gemeinden im Umkreis von 10 km um den Standort KKN.....	56
Tabelle 3.3-1	Bewegungen auf Flugplätzen im 50-km-Radius des KKN (BAZL 2009) ohne Zürich und Basel.....	66
Tabelle 3.3-2	Daten der Erdgas-Hochdruckleitungen westlich des Projektareals KKN	69
Tabelle 3.3-3	Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Überdrucken auf Bauten und Anlagen	72
Tabelle 3.3-4	Richtwerte zur Quellstärke von Bränden	73
Tabelle 3.3-5	Richtwerte zur Beurteilung der Einwirkung von Wärmestrahlung auf Bauten und Anlagen	73
Tabelle 3.3-6	Grenzwerte für die Beurteilung der Toxizität von Gasen und Dämpfen	74
Tabelle 3.3-7	MAK-, ERPG-1 und ERPG-2-Werte für ausgewählte Stoffe	74
Tabelle 3.3-8	Eingabeparameter für Ausbreitungsrechnungen.....	75
Tabelle 3.3-9	Flächenbezogene Absturzhäufigkeit nach Flugzeugtyp (AF-Colenco 2009c).....	80
Tabelle 3.4-1	Übersicht der verwendeten Zeitreihen an den Stationen Gösgen und Buchs / Aarau mit Aufzeichnungszeitraum und Verfügbarkeit der Daten.....	98
Tabelle 3.4-2	Mittlere Häufigkeit der Windrichtung in 10 m Höhe, Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr	99
Tabelle 3.4-3	Mittlere Häufigkeit der Windrichtung in 110 m Höhe, Januar 1988 - Dezember 2008, Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr.....	100
Tabelle 3.4-4	Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit (u) und Häufigkeit der Kalmen (C; $u < 0.5$ m/s) über den Zeitraum von Januar 1988 bis Dezember 2008 in 10 m und 110 m Höhe.....	103
Tabelle 3.4-5	Diffusionskategorien (Wetterkategorien gemäss Richtlinie HSK-G14, HSK 2008a)	105
Tabelle 3.4-6	Bestimmung der Diffusionskategorie aus den Temperaturgradienten dT/dz und der Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 10 m über Störniveau u_{10} gemäss KTA-Regel 1508 (KTA 2006)	106

Tabelle 3.4-7	Mittlere sowie minimale und maximale Häufigkeit der Diffusionskategorien im Ganzjahr, Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr, Januar 1989 - Dezember 2008.....	106
Tabelle 3.4-8	Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik (Windrichtung, Diffusionskategorie), Ganzjahr, Windrichtungsverteilung und mittlere Windgeschwindigkeit in 110 m Höhe, Datenbasis Zeitraum Januar 1989 bis Dezember 2008	111
Tabelle 3.4-9	Zweiparametrische Ausbreitungsstatistik (Windrichtung, Diffusionskategorie), Sommerhalbjahr, Windrichtungsverteilung und mittlere Windgeschwindigkeit in 110 m Höhe, Datenbasis Zeitraum Januar 1988 bis Dezember 2008	112
Tabelle 3.4-10	Monatlicher mittlerer Niederschlag und Jahresmittel, Januar 1989 bis Dezember 2008, am Standort KKN und an der Station Buchs / Aarau	113
Tabelle 3.4-11	Niederschlagswindrosen im Jahresmittel, im Mittel des Sommer- und des Winterhalbjahres, Bezugshöhe 110 m, Zeitraum Januar 1989 - Dezember 2008	116
Tabelle 3.4-12	Mittlere Häufigkeitsverteilung der Stunden ohne Niederschlag und der übrigen Niederschlagsklassen in den Windrichtungssektoren, Bezugshöhe 110 m, Zeitraum Januar 1989 - Dezember 2008.....	117
Tabelle 3.4-13	Mittlere monatliche Temperaturen sowie die absoluten Minima und Maxima der Stundenmittelwerte in 10 m, 60 m und 110 m Höhe, Zeitraum Januar 1988 bis Dezember 2008	118
Tabelle 3.4-14	Mittlere monatliche Böenspitzenwindgeschwindigkeit sowie die absoluten Maxima der 10-Minuten Böenspitzen in 10 m und 110 m Höhe, Zeitraum Februar 1987 bis Dezember 2007.....	120
Tabelle 3.4-15	Mittlere monatliche Niederschlagsintensität der 10-Minuten-Intervalle mit Niederschlag sowie die absoluten Maxima der 10-Minuten-Niederschlagsintensität, Zeitraum Januar 1989 bis Dezember 2007	125
Tabelle 3.5-1	Abflüsse der Aare bei Murgenthal (BAFU 2008a)	136
Tabelle 3.5-2	Ermittelte Hochwasserabflüsse verschiedener Eintrittshäufigkeit am Standort KKN (Wehr Winznau).....	141
Tabelle 3.5-3	Gemessene Maximalabflüsse der Emme und der Aare in Murgenthal und Ausfluss der Aare am Wehr Port (Pegel Brügg Ägerten)	144
Tabelle 3.5-4	Szenariengruppe 1	165
Tabelle 3.5-5	Berechnete maximale Wasserstände an der kritischen Stelle (Abbildung 3.5-21)	166
Tabelle 3.5-6	Szenariengruppe 2	170
Tabelle 3.5-7	Breite der Breschen.....	171
Tabelle 3.5-8	Berechnete maximale Wasserstände für Szenariengruppe 2 an der kritischen Stelle	172
Tabelle 3.5-9	Erforderliche Mindestkote des Hauptareales KKN	176

Tabelle 3.5-10	Ermittelte k-Werte aus Grosspumpversuchen beim KKG	187
Tabelle 3.5-11	k-Werte aus Pumpversuchen im Teilareal Nord [m/s]	188
Tabelle 3.5-12	Mittelwerte und Minima des Grundwasserspiegels an ausgewählten Messstellen des AfU sowie an der Messstelle bei KKG im Niederramt.....	189
Tabelle 3.6-1	Geotechnische Eigenschaften: a. - c. Deckschichten generell, sowie randliche Schwemmsande im Norden des Standortes.....	254
Tabelle 3.6-2	Geotechnische Eigenschaften: d. Niederterrassenschotter	255
Tabelle 3.6-3	Geotechnische Eigenschaften: e. Lehmige Schotterbasis, Seebodenlehm u. ä. (v. a. Teilareal Nord).....	255
Tabelle 3.6-4	Geotechnische Eigenschaften: f. Felsunterlage Mittlerer Malm	255
Tabelle 3.6-5	Zusammenfassung der gemessenen SPT Schlagzahlen im Sand	259
Tabelle 3.7-1	Rückfallszenarien der Stromversorgung	282
Tabelle 3.8-1	Übersicht über die Rückfallszenarien der Stromversorgung	289
Tabelle 5.2-1	Qualitätssicherungsmassnahmen in Beziehung zu den beteiligten Akteuren	307
Tabelle 5.5-1	Relevante gesetzliche Grundlagen zur Organisation über alle Phasen des Lebenszyklus der Anlage.....	322