

## **8. Folgen von Betriebsstörungen**

## 8. FOLGEN VON BETRIEBSSTÖRUNGEN

Die Bewertung der Umweltauswirkungen von Betriebsstörungen ist eine komplexe, stark von den Verbreitungsbedingungen abhängige Aufgabe. Im Kapitel 5 wurde ein Überblick über die zu erwartenden Emissionen bei Betriebsstörungen und deren Wahrscheinlichkeiten geboten, sowie die zu erwartenden – prognostizierten – Strahlungs Dosen an Betriebsgebäuden und in der Umgebung angeführt – wie sie der Sicherheitsabschlussbericht des AKW Paks anführt. Es wurde auch darauf verwiesen, dass eine Zustandsuntersuchung der Einrichtungen und Systeme, das System von planmäßigem Tausch und planmäßiger Instandhaltung in der Häufigkeit von Betriebsstörungen keinerlei Veränderungen bewirken kann, da die Fehlerwertquoten bei den Systemen und Systemelementen, die für die Sicherheit wichtig sind, auf dem von der OAH NBI (Landesbüro für Atomenergie – Institut für nukleare Sicherheit) vorgeschriebenen Niveau gehalten werden müssen. Dies wird auch kontrolliert werden. Im Abschlussbericht wird bei folgenden Betriebsstörungen mit radioaktiven Emissionen gerechnet:

- A) Bruch des Rohrs 73
- B) Bruch des Rohrs 90
- C) Bruch des Rohrs 111
- D) Bruch des Rohrs 233
- E) Bruch des Rohrs 277
- F) Bruch des Kälteteils der Rohre im Primärkreis NÁ500, mit Verbiegung der Rohrenden (200%-iger Bruch)
- G) Bruch des Wärmeteils der Rohre im Primärkreis NÁ500, mit Verbiegung der Rohrenden (200%-iger Bruch)
- H) Auswurf der Regulierungseinheit
- I) Öffnung des Deckels des Dampfentwicklungskollektors

Gemeinsames Charakteristikum dieser Störfälle ist der Austritt eines Teils der Aktivitätsreservoirs des Primärkreises und der im Gasbereich des Betriebsstoffes gelagerten Aktivität in die Räume des Hauptgebäudes, in der Folge in die Atmosphäre. Unter den so frei werdenden und in die Umwelt gelangenden radioaktiven Isotopen figurieren die Daten der – gemäß Ergebnis der Analysen und der Dosiskonsequenzen – bestimmenden Isotopen ( $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{131}\text{I}$  und  $^{137}\text{Cs}$ ) im VBJ – im Sicherheitsabschlußbericht. Die Fälle A) bis C) können als Rohrbrüche mittleren Ausmaßes erachtet werden, die Fälle E) bis G) sind sog. "schwere Rohrbrüche", die in den sowjetischen Plänen des Kraftwerkes als Maßstörfälle figurierten (Fall F).

Für die Untersuchung der Umweltfolgen wurde für den Fall eines mittelschweren Rohrbruchs der Fall C), für den Fall eines schweren Rohrbruchs der F) als maßgeblich erachtet, da diese im gegebenen Fall zu den größten Emissionen führen würden. Die Öffnung des Deckels des Dampfentwicklungskollektors wurde bereits in den ursprünglichen Plänen des Kraftwerkes als ein so schwerwiegender – alle Maßstäbe überschreitender – Störfall gesehen, bei dem der "Umfassende Notfall- und Maßnahmenplan" in Kraft getreten wäre, den Klassifikationssystem des VBJ zufolge ist aber dieser Fall (Fall I) noch als Maßstörfall zu behandeln. Als Folge der durchgeführten, die Sicherheit erhöhenden Maßnahmen sind auch die Folgen eines solchen Störfalles verringert.

Die Emissionen der im gegenständlichen Kapitel behandelten drei Fälle sind mit den in Tabelle 8.1. angeführten Daten zu charakterisieren.

Tabelle 8.1.: Vorfälle und Emissionen

Vorfall	Emission, Bq			
	$^{133}\text{Xe}$	$^{85}\text{Kr}$	$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{CS}$
C	2,8*108	2,0*107	2,4*105	6,1*101
F	1,9*1013	7,2*1011	1,7*1011	5,3*109
I	6,2*1013	2,5*1012	1,8*1012	1,4*1011

Diese Aktivität (Störfallemission) gerät im Zeitraum des Ablaufes des Vorfalles über die Belüftungssysteme des Hauptgebäudes bzw. über undichte Stellen in die Umwelt.

## Methodische Überlegungen

Die Ausbreitung der Aktivität wird von meteorologischen Zuständen bestimmt sein (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Streuungsparameter der Diffusion atmosphärischer Turbulenzen usw.) Die Emissionen im Falle eines Störfalles werden deshalb ihre Auswirkungen nicht in der gesamten Umgebung des Kraftwerkes entfalten, sondern nur in einem Öffnungswinkel von 5 bis 25 Grad – abhängig von der Windrichtung. Höhere Windgeschwindigkeiten führen zu einem schnelleren Durchzug und einer schnelleren Ausdünnung der Wolke, während die Streuungsparameter (die mit der atmosphärischen Stabilität korrelieren) die Öffnung des Sektors bestimmen. Höhere Windgeschwindigkeiten und instabilere atmosphärische Schichtungen halten die so entstehenden Konzentrationen und die Mensch und Lebewesen betreffenden Dosen auf einem niedrigeren Niveau als die mit geringeren Windgeschwindigkeiten einhergehenden stabilen/starken atmosphärischen Gegebenheiten. (Der häufigste Zustand im Raum Paks ist neutral und leicht instabil.) Die Auswirkungen betreffend führen stabile (Kategorie E) und stark stabile (Kategorie F) Verhältnisse zu ungünstigeren Ergebnissen, weshalb bei der Bewertung der atmosphärische Zustand der Kategorie F und eine Windgeschwindigkeit von einen Meter per Sekunde angenommen wurde. Die Verdünnungsfaktoren bezüglich dieses Zustands gibt in Abhängigkeit von der Entfernung vom Kraftwerk Tabelle 8.2. wieder.

**Tabelle 8.2.: Entfernungsabhängigkeit konservativer Verdünnungsfaktoren zur Beurteilung der Umweltfolgen von Störfällen (Kategorie Pasquill F, Windgeschwindigkeit 1 m/s, Emissionshöhe 100 m)**

Entfernung km	Verdünnungsfaktor s/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	2,00E-05	2,10E-04
1	1,50E-05	1,25E-04
1,5	1,25E-05	8,00E-05
2	1,10E-05	6,00E-05
2,5	9,80E-06	5,00E-05
3	8,90E-06	4,30E-05
4	7,60E-06	3,80E-05
5	6,80E-06	2,75E-05
6	6,15E-06	2,30E-05
7	5,60E-06	2,00E-05
8	5,30E-06	1,80E-05
9	4,80E-06	1,70E-05
10	4,50E-06	1,50E-05
15	3,50E-06	1,05E-05
20	3,00E-06	9,00E-06
25	2,50E-06	7,50E-06
30	2,30E-06	6,00E-06
40	1,80E-06	4,50E-06
50	1,50E-06	3,75E-06
60	1,30E-06	3,25E-06
70	1,20E-06	3,00E-06
80	1,05E-06	2,63E-06
90	9,80E-07	2,45E-06
100	9,00E-07	2,25E-06

In den Morgen- und Abendstunden werden die bodennahen Schichten von der Inversionsdecke begrenzt (dieser bewegt sich zwischen einer Höhe zwischen 800 bis 1.000 Meter bis zu einer Höhe von 2.000 bis 2.500 Meter abhängig von der Sonnenbestrahlung und den Zuständen in der höheren Atmosphäre), die die Emissionen wegen der höheren Energiereserven nicht durchbrechen können. Bei einer Anwesenheit einer bodennahen Inversions-schicht kann sich der Verdünnungsprozess in vertikaler Richtung nicht ausbreiten, wenn der Wolkenschweif mit der Inversionsschicht zusammengeprallt ist.

Anzumerken ist, dass das Vorkommen der atmosphärischen Stabilitäten der Kategorien E-F bei der Betriebsstät-te Paks sich nur im Bereich zwischen 5 bis 12 Prozent bewegt. Im Falle der dominanten Stabilitätskategorien C-D beträgt der Verdünnungsfaktor nach drei bzw. zehn Kilometer manchmal bereits  $10^{-7}$  s/m<sup>3</sup>, was im unter-suchten Fall zu weit günstigeren Ergebnissen führen würde.

Bei der Auswertung der Folgen von Störfällen haben wir für den Fall des Austritts beträchtlicher Mengen an <sup>131</sup>I die Verdünnung des Schweifes mittels trockener Absetzung – Setzgeschwindigkeit 1 cm/s – beachtet. Die prakti-sche Wirkung dieses Setzvorgangs kann im Falle der Stabilitätskategorie F, bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s nur nach zehn Kilometer den Jodgehalt des Schweifes spürbar reduzieren, zwischen zehn und dreißig Kilometer reduziert die trockene Setzung die atmosphärische Konzentration von Jod und Cäsium (bzw. der ande-ren an Aerosol gebundenen Isotopen) um fünfzig Prozent. Nach einer Entfernung von hundert Kilometer erreicht die Verdünnung einen Grad von 98 bis 99 Prozent. Im Falle von Regen und dadurch, dass die Isotopen vermehrt an die Oberfläche gelangen (Auswaschung) ist mit einer weiteren Verdünnung des Wolkenschweifes zu rechnen.

Gemäß der Charakteristika der bestimmenden Isotopen kann festgestellt werden, dass aus der Sicht der Umwelt-, biologischen und humangesundheitlichen Folgen von Betriebsstörungen die Inhalationsdosen während des E-missionsausstoßes feststellbar sind. Von den vier bestimmenden Isotopen ist die Belastungsrouten von <sup>131</sup>I und <sup>137</sup>Cs berechenbar, da diese sowohl in Elementar- als auch in Aerosolform vorkommen. Die Rolle der Strahlen-belastung durch äußere Gammastrahlen und die Immersionsstrahlungsbelastung ist wesentlich geringer, und dies gilt auch für die emittierten radioaktiven Edelgase.

Die Dosen bezüglich der äußeren Gammas- und der Immersionsstrahlen wurden unter Annahme eines halben unendlichen Raumes berechnet, womit die Daten sehr hoch geschätzt sind.

Zur Bewertung der Wirkungszone (zur Feststellung der Ausbreitung) sind wir von folgenden Annahmen ausge-gangen:

Der Wert der äußeren Gamma- und Immersionsbeta- sowie der Inhalationsdosen sind in den ersten beiden Tagen nach der Emission nach einem Störfall die entscheidenden, im späteren ist auch mit der Oberflächensenkung und mit Dosen über die Ernährungskette zu rechnen. Im Fall von <sup>131</sup>I bedeutet die Inhalationsdosis vierzig bis fünfzig Prozent der gesamten Dosis, im Fall von <sup>137</sup>Cs ca. zwanzig. Aufgrund komplexer Ergebnisse anderer Einrichtun-gen können wir annehmen, dass von allen Auswirkungen zusammen, die Inhalationsdosis ca. zwanzig Prozent ausmacht. Damit können wir die Klassifikation der räumlichen Ausbreitung der Auswirkungen – konservativ gesehen – aufgrund der Inhalationsdosen mit der Reduzierung der Werte aus Tabelle 5.1. auf zwanzig Prozent festlegen (Wir betrachten den Grenzwert der neutralen Auswirkungen also mit einer Inhalationsdosis von  $0,2 \times 90 \mu\text{Sv} = 18 \mu\text{Sv}$ ).

Die aus den Emissionen resultierenden Konzentrationen von <sup>133</sup>Xe und <sup>85</sup>Kr bei einer Betriebsstörung des Typus C – Bruch eines mittelgroßen Rohres – werden in Tabellen 8.3. und 8.4. präsentiert.

Tabelle 8.3.: Konzentrationen von  $^{133}\text{Xe}$  im Störfall C (Bruch eines mittelgroßen Rohres)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,56E+00	1,63E+01
1	1,17E+00	9,72E+00
1,5	9,72E-01	6,22E+00
2	8,56E-01	4,67E+00
2,5	7,62E-01	3,89E+00
3	6,92E-01	3,34E+00
4	5,91E-01	2,96E+00
5	5,29E-01	2,14E+00
6	4,78E-01	1,79E+00
7	4,36E-01	1,56E+00
8	4,12E-01	1,40E+00
9	3,73E-01	1,32E+00
10	3,50E-01	1,17E+00
15	2,72E-01	8,17E-01
20	2,33E-01	7,00E-01
25	1,94E-01	6,22E-01
30	1,79E-01	4,67E-01

Tabelle 8.4. Tabelle: Konzentrationen von  $^{85}\text{Kr}$  im Störfall C (Bruch eines mittelgroßen Rohres)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,11E-01	1,17E+00
1	8,33E-02	6,94E-01
1,5	6,94E-02	4,44E-01
2	6,11E-02	3,33E-01
2,5	5,44E-02	2,78E-01
3	4,94E-02	2,39E-01
4	4,22E-02	2,11E-01
5	3,78E-02	1,53E-01
6	3,42E-02	1,28E-01
7	3,11E-02	1,11E-01
8	2,94E-02	1,00E-01
9	2,67E-02	9,44E-02
10	2,50E-02	8,33E-02
15	1,94E-02	5,83E-02
20	1,67E-02	5,00E-02
25	1,39E-02	4,44E-02
30	1,28E-02	3,33E-02

Tabelle 8.5.: Außendosen für Isotop  $^{85}\text{Kr}$  im Falle eines Störfalles C

Entfernung km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	3,83E-14	4,02E-13
1	2,87E-14	2,39E-13
1,5	2,39E-14	1,53E-13
2	2,11E-14	1,15E-13
2,5	1,88E-14	9,58E-14
3	1,70E-14	8,24E-14
4	1,46E-14	7,28E-14
5	1,30E-14	5,27E-14
6	1,18E-14	4,41E-14
7	1,07E-14	3,83E-14
8	1,02E-14	3,45E-14
9	9,19E-15	3,26E-14
10	8,62E-15	2,87E-14
15	6,70E-15	2,01E-14
20	5,75E-15	1,72E-14
25	4,79E-15	1,53E-14
30	4,41E-15	1,15E-14

8.6. Tabelle: Außendosen für Isotop  $^{133}\text{Xe}$  im Falle eines Störfalles C

Entfernung km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	7,14E-12	7,50E-11
1	5,35E-12	4,46E-11
1,5	4,46E-12	2,86E-11
2	3,93E-12	2,14E-11
2,5	3,50E-12	1,78E-11
3	3,18E-12	1,53E-11
4	2,71E-12	1,36E-11
5	2,43E-12	9,82E-12
6	2,20E-12	8,21E-12
7	2,00E-12	7,14E-12
8	1,89E-12	6,42E-12
9	1,71E-12	6,07E-12
10	1,61E-12	5,35E-12
15	1,25E-12	3,75E-12
20	1,07E-12	3,21E-12
25	8,92E-13	2,86E-12
30	8,21E-13	2,14E-12

Über die Konzentrationswerte bezüglich der Emission von  $^{131}\text{I}$  und  $^{137}\text{Cs}$  hinausgehend werden in den Tabellen 8.7. und 8.8. auch die Dosisbelastungen, die sich aus der Inhalation ergeben angeführt.

**Tabelle 8.7. : Konzentrations-<sup>\*</sup> und Inhalationsdosen für  $^{131}\text{I}$  für den Fall eines Störfalles C**

Entfernung km	Konzentration		Inhalationsdosis	
	Ohne Inversion	Mit Inversion	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,33E-03	1,40E-02	1,18E-11	1,24E-10
1	1,00E-03	8,33E-03	8,88E-12	7,40E-11
1,5	8,33E-04	5,33E-03	7,40E-12	4,74E-11
2	7,33E-04	4,00E-03	6,51E-12	3,55E-11
2,5	6,53E-04	3,33E-03	5,80E-12	2,96E-11
3	5,93E-04	2,87E-03	5,27E-12	2,55E-11
4	5,07E-04	2,53E-03	4,50E-12	2,25E-11
5	4,53E-04	1,83E-03	4,03E-12	1,63E-11
6	4,10E-04	1,53E-03	3,64E-12	1,36E-11
7	3,73E-04	1,33E-03	3,32E-12	1,18E-11
8	3,53E-04	1,20E-03	3,14E-12	1,07E-11
9	3,20E-04	1,13E-03	2,84E-12	1,01E-11
10	3,00E-04	1,00E-03	2,66E-12	8,88E-12
15	2,33E-04	7,00E-04	2,07E-12	6,22E-12
20	2,00E-04	6,00E-04	1,78E-12	5,33E-12
25	1,67E-04	5,33E-04	1,48E-12	4,74E-12
30	1,53E-04	4,00E-04	1,36E-12	3,55E-12

\*Fest- und Aerosolform, ohne Wolkenschweifverarmung

Tabelle 8.8.: Konzentrations-<sup>\*</sup> und Inhalationsdosen für <sup>137</sup>Cs für den Fall eines Störfalles C

Entfernung km	Konzentration		Inhalációs dózis	
	Bq/m <sup>3</sup>		Sv	
	Ohne Inversion Inverzió	esetén	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	3,39E-07	3,56E-06	1,87E-15	1,96E-14
1	2,54E-07	2,12E-06	1,40E-15	1,17E-14
1,5	2,12E-07	1,36E-06	1,17E-15	7,48E-15
2	1,86E-07	1,02E-06	1,03E-15	5,61E-15
2,5	1,66E-07	8,47E-07	9,17E-16	4,68E-15
3	1,51E-07	7,29E-07	8,32E-16	4,02E-15
4	1,29E-07	6,44E-07	7,11E-16	3,55E-15
5	1,15E-07	4,66E-07	6,36E-16	2,57E-15
6	1,04E-07	3,90E-07	5,75E-16	2,15E-15
7	9,49E-08	3,39E-07	5,24E-16	1,87E-15
8	8,98E-08	3,05E-07	4,96E-16	1,68E-15
9	8,13E-08	2,88E-07	4,49E-16	1,59E-15
10	7,63E-08	2,54E-07	4,21E-16	1,40E-15
15	5,93E-08	1,78E-07	3,27E-16	9,82E-16
20	5,08E-08	1,53E-07	2,81E-16	8,42E-16
25	4,24E-08	1,36E-07	2,34E-16	7,48E-16
30	3,90E-08	1,02E-07	2,15E-16	5,61E-16

\*ohne Wolkenschweifverarmung

Aus dem Vergleich der Außen- und der Inhalationsdosen ist feststellbar, dass beide Komponenten über zirka die gleichen Dosisgrößen verfügen.

Aus den Tabellen ist ersichtlich, dass im Falle von Brüchen von Rohren mittleren Ausmaßes der Dosiswert, der als Grenzwert für neutrale Auswirkungen angenommen werden kann (90 µSv gemäß Tabelle 1.5. und 18µSv Inhalationsdosis gemäß den methodologischen Annahmen) nirgends überschritten wird (selbst in jenem Fall nicht, wenn wir alle ungünstigen Prozesse kumulieren).

Die Tabellen 8.9. und 8.10 geben die Umweltkonzentration von <sup>133</sup>Xe und <sup>85</sup>Kr bei einer Mission von Radioaktivität im Störfall F an, der für einen Bruch eines großen Rohres steht.



Tabelle 8.9.: In der Umwelt zu erwartenden  $^{133}\text{Xe}$  Konzentrationen im Störfall F (Rohrbruch im Kaltbereich des Primärkreises)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,06E+05	1,11E+06
1	7,92E+04	6,60E+05
1,5	6,60E+04	4,22E+05
2	5,81E+04	3,17E+05
2,5	5,17E+04	2,64E+05
3	4,70E+04	2,27E+05
4	4,01E+04	2,01E+05
5	3,59E+04	1,45E+05
6	3,25E+04	1,21E+05
7	2,96E+04	1,06E+05
8	2,80E+04	9,50E+04
9	2,53E+04	8,97E+04
10	2,38E+04	7,92E+04
15	1,85E+04	5,54E+04
20	1,58E+04	4,75E+04
25	1,32E+04	4,22E+04
30	1,21E+04	3,17E+04

Tabelle 8.10.: In der Umwelt zu erwartenden  $^{85}\text{Kr}$  Konzentrationen im Störfall F (Rohrbruch im Kaltbereich des Primärkreises)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	4,00E+03	4,20E+04
1	3,00E+03	2,50E+04
1,5	2,50E+03	1,60E+04
2	2,20E+03	1,20E+04
2,5	1,96E+03	1,00E+04
3	1,78E+03	8,60E+03
4	1,52E+03	7,60E+03
5	1,36E+03	5,50E+03
6	1,23E+03	4,60E+03
7	1,12E+03	4,00E+03
8	1,06E+03	3,60E+03
9	9,60E+02	3,40E+03
10	9,00E+02	3,00E+03
15	7,00E+02	2,10E+03
20	6,00E+02	1,80E+03
25	5,00E+02	1,60E+03
30	4,60E+02	1,20E+03

Die zu erwartenden äußeren Dosiswerte bei Vorbeiziehen der Wolke, die emittierte radioaktive Edelgase enthält, geben – die mittels der in der Klassifikationsmethode angeführten Annäherung – Tabellen 8.1. und 8.12. an.

**Tabelle 8.11.: Außendosen für Isotop  $^{85}\text{Kr}$  im Falle eines Störfalles F**

Entfernung (km)km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,38E-09	1,45E-08
1	1,03E-09	8,62E-09
1,5	8,62E-10	5,52E-09
2	7,58E-10	4,14E-09
2,5	6,76E-10	3,45E-09
3	6,14E-10	2,96E-09
4	5,24E-10	2,62E-09
5	4,69E-10	1,90E-09
6	4,24E-10	1,59E-09
7	3,86E-10	1,38E-09
8	3,65E-10	1,24E-09
9	3,31E-10	1,17E-09
10	3,10E-10	1,03E-09
15	2,41E-10	7,24E-10
20	2,07E-10	6,21E-10
25	1,72E-10	5,52E-10
30	1,59E-10	4,14E-10

**Tabelle 8.12. : Außendosen für Isotop  $^{133}\text{Xe}$  im Falle eines Störfalles F**

Entfernung km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	4,84E-07	5,09E-06
1	3,63E-07	3,03E-06
1,5	3,03E-07	1,94E-06
2	2,66E-07	1,45E-06
2,5	2,37E-07	1,21E-06
3	2,16E-07	1,04E-06
4	1,84E-07	9,20E-07
5	1,65E-07	6,66E-07
6	1,49E-07	5,57E-07
7	1,36E-07	4,84E-07
8	1,28E-07	4,36E-07
9	1,16E-07	4,12E-07
10	1,09E-07	3,63E-07
15	8,48E-08	2,54E-07
20	7,27E-08	2,18E-07
25	6,05E-08	1,94E-07
30	5,57E-08	1,45E-07

Die aus der Emission von  $^{131}\text{I}$  und  $^{137}\text{Cs}$  stammenden Konzentrationen, die Außen- und Inhalationsdosen geben die Tabellen 8.13., 8.14., 8.15. und 8.16. an.

**Tabelle 8.13.: Konzentrations-<sup>\*</sup> und Inhalationsdosen für  $^{131}\text{I}$  für den Fall eines Störfalles F**

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	9,44E+02	9,92E+03
1	7,08E+02	5,90E+03
1,5	5,90E+02	3,78E+03
2	5,19E+02	2,83E+03
2,5	4,63E+02	2,36E+03
3	4,20E+02	2,03E+03
4	3,59E+02	1,79E+03
5	3,21E+02	1,30E+03
6	2,90E+02	1,09E+03
7	2,64E+02	9,44E+02
8	2,50E+02	8,50E+02
9	2,27E+02	8,03E+02
10	1,91E+02	6,38E+02
15	1,32E+02	3,97E+02
20	9,92E+01	2,98E+02
25	7,56E+01	2,42E+02
30	5,43E+01	1,42E+02

<sup>\*</sup>in Fest- und Aerosolform

Tabelle 8.14.: Maximale Konzentrations-<sup>s</sup> und Inhalationsdosen für <sup>131</sup>I für den Fall eines Störfalles F (Bruch eines Rohres im Kaltbereich des Primärkreislaufes)

Entfernung km	Äußere Gamma- und Immersionsdosis		Inhalationsdosis	
	Sv		Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	5,57E-08	5,85E-07	8,39E-06	8,81E-05
1	4,18E-08	3,48E-07	6,29E-06	5,24E-05
1,5	3,48E-08	2,23E-07	5,24E-06	3,35E-05
2	3,07E-08	1,67E-07	4,61E-06	2,52E-05
2,5	2,73E-08	1,39E-07	4,11E-06	2,10E-05
3	2,48E-08	1,20E-07	3,73E-06	1,80E-05
4	2,12E-08	1,06E-07	3,19E-06	1,59E-05
5	1,90E-08	7,66E-08	2,85E-06	1,15E-05
6	1,71E-08	6,41E-08	2,58E-06	9,64E-06
7	1,56E-08	5,57E-08	2,35E-06	8,39E-06
8	1,48E-08	5,02E-08	2,22E-06	7,55E-06
9	1,34E-08	4,74E-08	2,01E-06	7,13E-06
10	1,13E-08	3,76E-08	1,70E-06	5,66E-06
15	7,80E-09	2,34E-08	1,17E-06	3,52E-06
20	5,85E-09	1,76E-08	8,81E-07	2,64E-06
25	4,46E-09	1,43E-08	6,71E-07	2,15E-06
30	3,21E-09	8,36E-09	4,82E-07	1,26E-06

\*in Fest- und Aerosolform

**Tabelle 8.15.:Konzentrations-<sup>\*</sup> und Inhalationsdosen für <sup>137</sup>Cs für den Fall eines Störfalles F (Bruch eines Rohres im Kaltbereich des Primärkreislaufes)**

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	2,94E+01	3,09E+02
1	2,21E+01	1,84E+02
1,5	1,84E+01	1,18E+02
2	1,62E+01	8,83E+01
2,5	1,44E+01	7,36E+01
3	1,31E+01	6,33E+01
4	1,12E+01	5,59E+01
5	1,00E+01	4,05E+01
6	9,05E+00	3,39E+01
7	8,24E+00	2,94E+01
8	7,80E+00	2,65E+01
9	7,07E+00	2,50E+01
10	6,63E+00	2,21E+01
15	5,15E+00	1,55E+01
20	4,42E+00	1,33E+01
25	3,68E+00	1,18E+01
30	3,39E+00	8,83E+00

\*ohne Wolkenschweifverarmung

**Tabelle 8.16.: Konzentrations- und Inhalationsdosen für  $^{137}\text{Cs}$  für den Fall eines Störfalles F (Bruch eines Rohres im Kaltbereich des Primärkreislaufes)**

Entfernung km	Äußere Gamma- und Immersionsdosis Sv		Inhalationsdosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	2,78E-09	2,92E-08	1,63E-07	1,71E-06
1	2,08E-09	1,74E-08	1,22E-07	1,02E-06
1,5	1,74E-09	1,11E-08	1,02E-07	6,50E-07
2	1,53E-09	8,34E-09	8,94E-08	4,88E-07
2,5	1,36E-09	6,95E-09	7,96E-08	4,06E-07
3	1,24E-09	5,98E-09	7,23E-08	3,49E-07
4	1,06E-09	5,28E-09	6,18E-08	3,09E-07
5	9,45E-10	3,82E-09	5,53E-08	2,23E-07
6	8,55E-10	3,20E-09	5,00E-08	1,87E-07
7	7,78E-10	2,78E-09	4,55E-08	1,63E-07
8	7,37E-10	2,50E-09	4,31E-08	1,46E-07
9	6,67E-10	2,36E-09	3,90E-08	1,38E-07
10	6,25E-10	2,08E-09	3,66E-08	1,22E-07
15	4,86E-10	1,46E-09	2,84E-08	8,53E-08
20	4,17E-10	1,25E-09	2,44E-08	7,31E-08
25	3,47E-10	1,11E-09	2,03E-08	6,50E-08
30	3,20E-10	8,34E-10	1,87E-08	4,88E-08

Die Inhalationsdosen betragen in einem Umkreis von fünf Kilometer im Umkreis des Kraftwerkes  $10\mu\text{Sv}$ . Werden entsprechend der methodologischen Vorgangsweise alle Dosiskomponenten in Betracht gezogen so ist der Grenzwert einer neutralen Wirkung im Falle von Inversionswetterlage in einem Umkreis (Segment) von drei Kilometern anzusetzen, im Falle keiner Inversionslage ist die Wirkung überall neutral. Innerhalb dessen ist die radiologische Wirkung des Störfalles mit "erträglich" einzustufen. Bei der Interpretation der Wirkungsklassifikation darf die Richtung des Wolkenschweifes (Öffnungswinkel ca. fünf Grad) nicht vergessen werden, weil im Falle eines Südwindes dieser die Ränder der Stadt Paks, im Falle eines Nord-, Nordostwindes nur Csámpa betroffen werden würden.

Die Umweltauswirkungen der Öffnung des Deckels des Dampferwicklerkollektors geben die Konzentrationswerte von  $^{133}\text{Xe}$  und  $^{85}\text{Kr}$  in den Tabellen 8.17. und 8.18 wieder.

Da unter den untersuchten Störfällen dieser Fall mit den größten Emissionen einhergehen würde, wurden hier die Berechnungen unter den denkbar ungünstigsten Umständen für den Stabilitätszustand der Kategorie F und einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s auf eine Zone von einhundert Kilometer ausgedehnt, damit auch die zu erwartenden Konzentrationswerte entlang der Landesgrenze festgestellt werden können.

Tabelle 8.17. : Umweltkonzentration von  $^{133}\text{Xe}$  im Falle eines Störfalles Typus I (Öffnung des Deckels des Dampfentwicklers)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	3,44E+05	3,62E+06
1	2,58E+05 2,15E+	2,15E+06
1,5	2,15E+05	1,38E+06
2	1,89E+05	1,03E+06
2,5	1,69E+05	8,61E+05
3	1,53E+05	7,41E+05
4	1,31E+05	6,54E+05
5	1,17E+05	4,74E+05
6	1,06E+05	3,96E+05
7	9,64E+04	3,44E+05
8	9,13E+04	3,10E+05
9	8,27E+04	2,93E+05
10	7,75E+04	2,58E+05
15	6,03E+04	1,81E+05
20	5,17E+04	1,55E+05
25	4,31E+04	1,38E+05
30	3,96E+04	1,03E+05
40	3,10E+04	7,75E+04
50	2,58E+04	6,46E+04
60	2,24E+04	5,60E+04
70	2,07E+04	5,17E+04
80	1,81E+04	4,52E+04
90	1,69E+04	4,22E+04
100	1,55E+04	3,88E+04

Tabelle 8.18. : Umweltkonzentration von  $^{85}\text{Kr}$  im Falle eines Störfalles Typus I (Öffnung des Deckels des Dampferwicklers)

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,39E+04	1,46E+05
1	1,04E+04	8,68E+04
1,5	8,68E+03	5,56E+04
2	7,64E+03	4,17E+04
2,5	6,81E+03	3,47E+04
3	6,18E+03	2,99E+04
4	5,28E+03	2,64E+04
5	4,72E+03	1,91E+04
6	4,27E+03	1,60E+04
7	3,89E+03	1,39E+04
8	3,68E+03	1,25E+04
9	3,33E+03	1,18E+04
10	3,13E+03	1,04E+04
15	2,43E+03	7,29E+03
20	2,08E+03	6,25E+03
25	1,74E+03	5,56E+03
30	1,60E+03	4,17E+03
40	1,25E+03	3,13E+03
50	1,04E+03	2,60E+03
60	9,03E+02	2,26E+03
70	8,33E+02	2,08E+03
80	7,29E+02	1,82E+03
90	6,81E+02	1,70E+03
100	6,25E+02	1,56E+03

Die zu erwartenden äußeren Dosiswerte bei Vorbeiziehen der Wolke, die emittierte radioaktive Edelgase enthält, geben – unter Annahme eines halben unendlichen Raumes – Tabellen 8.19. und 8.20. an.



Tabelle 8.19.: Die für einen Störfall des Typus I berechnete Außendosis des Isotops  $^{85}\text{Kr}$ 

Entfernung km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	4,79E-09	5,03E-08
1	3,59E-09	2,99E-08
1,5	2,99E-09	1,92E-08
2	2,63E-09	1,44E-08
2,5	2,35E-09	1,20E-08
3	2,13E-09	1,03E-08
4	1,82E-09	9,10E-09
5	1,63E-09	6,58E-09
6	1,47E-09	5,51E-09
7	1,34E-09	4,79E-09
8	1,27E-09	4,31E-09
9	1,15E-09	4,07E-09
10	1,08E-09	3,59E-09
15	8,38E-10	2,51E-09
20	7,18E-10	2,15E-09
25	5,99E-10	1,92E-09
30	5,51E-10	1,44E-09
40	4,31E-10	1,08E-09
50	3,59E-10	8,98E-10
60	3,11E-10	7,78E-10
70	2,87E-10	7,18E-10
80	2,51E-10	6,28E-10
90	2,35E-10	5,87E-10
100	2,15E-10	5,39E-10

Tabelle 8.20.: Die für einen Störfall des Typus I berechnete Außendosis des Isotops  $^{133}\text{Xe}$ 

Entfernung km	Außendosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,58E-06	1,66E-05
1	1,19E-06	9,88E-06
1,5	9,88E-07	6,32E-06
2	8,69E-07	4,74E-06
2,5	7,75E-07	3,95E-06
3	7,03E-07	3,40E-06
4	6,01E-07	3,00E-06
5	5,37E-07	2,17E-06
6	4,86E-07	1,82E-06
7	4,43E-07	1,58E-06
8	4,19E-07	1,42E-06
9	3,79E-07	1,34E-06
10	3,56E-07	1,19E-06
15	2,77E-07	8,30E-07
20	2,37E-07	7,11E-07
25	1,98E-07	6,32E-07
30	1,82E-07	4,74E-07
40	1,42E-07	3,56E-07
50	1,19E-07	2,96E-07
60	1,03E-07	2,57E-07
70	9,48E-08	2,37E-07
80	8,30E-08	2,07E-07
90	7,75E-08	1,94E-07
100	7,11E-08	1,78E-07

Die Konzentrationen von  $^{131}\text{I}$  und  $^{137}\text{Cs}$ , die Außen- und Inhalationsdosen geben Tabellen 8.21., 8.22., 8.23. und 8.24. an.

Tabelle 8.21.: Die im Falle eines Störfalles des Typus I (Öffnung des Deckels des Dampferwicklers) entstehenden <sup>131</sup>I-Konzentrationen\*

Entfernung	Konzentration	
	Bq/m <sup>3</sup>	
km	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	1,00E+04	1,05E+05
1	7,50E+03	6,25E+04
1,5	6,25E+03	4,00E+04
2	5,50E+03	3,00E+04
2,5	4,90E+03	2,50E+04
3	4,45E+03	2,15E+04
4	3,80E+03	1,90E+04
5	3,40E+03	1,38E+04
6	3,08E+03	1,15E+04
7	2,80E+03	1,00E+04
8	2,65E+03	9,00E+03
9	2,40E+03	8,50E+03
10	2,03E+03	6,75E+03
15	1,40E+03	4,20E+03
20	1,05E+03	3,15E+03
25	8,00E+02	2,56E+03
30	5,75E+02	1,50E+03
40	2,70E+02	6,75E+02
50	1,88E+02	4,69E+02
60	7,80E+01	1,95E+02
70	5,40E+01	1,35E+02
80	3,68E+01	9,19E+01
90	1,47E+01	3,68E+01
100	6,75E+00	1,69E+01

\*in Aerosol- und Festform

Tabelle 8.22.: Die im Falle eines Störfalles des Typus I (Öffnung des Deckels des Dampferwicklers) entstehenden Außen- und Inhalationsdosen an  $^{131}\text{I}$ -Emissionen\*

Entfernung km	Außendosis Sv		Inhalationsdosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	5,90E-07	6,20E-06	8,88E-05	9,32E-04
1	4,43E-07	3,69E-06	6,66E-05	5,55E-04
1,5	3,69E-07	2,36E-06	5,55E-05	3,55E-04
2	3,25E-07	1,77E-06	4,88E-05	2,66E-04
2,5	2,89E-07	1,48E-06	4,35E-05	2,22E-04
3	2,63E-07	1,27E-06	3,95E-05	1,91E-04
4	2,24E-07	1,12E-06	3,37E-05	1,69E-04
5	2,01E-07	8,12E-07	3,02E-05	1,22E-04
6	1,81E-07	6,79E-07	2,73E-05	1,02E-04
7	1,65E-07	5,90E-07	2,49E-05	8,88E-05
8	1,56E-07	5,31E-07	2,35E-05	7,99E-05
9	1,42E-07	5,02E-07	2,13E-05	7,55E-05
10	1,20E-07	3,98E-07	1,80E-05	5,99E-05
15	8,26E-08	2,48E-07	1,24E-05	3,73E-05
20	6,20E-08	1,86E-07	9,32E-06	2,80E-05
25	4,72E-08	1,51E-07	7,10E-06	2,27E-05
30	3,39E-08	8,85E-08	5,11E-06	1,33E-05
40	1,59E-08	3,98E-08	2,40E-06	5,99E-06
50	1,11E-08	2,77E-08	1,67E-06	4,16E-06
60	4,60E-09	1,15E-08	6,93E-07	1,73E-06
70	3,19E-09	7,97E-09	4,80E-07	1,20E-06
80	2,17E-09	5,42E-09	3,26E-07	8,16E-07
90	8,68E-10	2,17E-09	1,31E-07	3,26E-07
100	3,98E-10	9,96E-10	5,99E-08	1,50E-07

\*in fester und Aerosolform

Tabelle 8.23.: Die im Falle eines Störfalles des Typus I (Öffnung des Deckels des Dampferwicklers) entstehenden <sup>137</sup>Cs - Konzentrationen\*

Entfernung km	Konzentration Bq/m <sup>3</sup>	
	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	7,78E+02	8,17E+03
1	5,83E+02	4,86E+03
1,5	4,86E+02	3,11E+03
2	4,28E+02	2,33E+03
2,5	3,81E+02	1,94E+03
3	3,46E+02	1,67E+03
4	2,96E+02	1,48E+03
5	2,64E+02	1,07E+03
6	2,39E+02	8,94E+02
7	2,18E+02	7,78E+02
8	2,06E+02	7,00E+02
9	1,87E+02	6,61E+02
10	1,75E+02	5,83E+02
15	1,36E+02	4,08E+02
20	1,17E+02	3,50E+02
25	9,72E+01	3,11E+02
30	8,94E+01	2,33E+02
40	7,00E+01	1,75E+02
50	5,83E+01	1,46E+02
60	5,06E+01	1,26E+02
70	4,67E+01	1,17E+02
80	4,08E+01	1,02E+02
90	3,81E+01	9,53E+01
100	3,50E+01	8,75E+01

\* ohne Wolkenschweifverarmung

Tabelle 8.24.: Die im Falle eines Störfalles des Typus I (Öffnung des Deckels des Dampferwicklers) entstehenden maximalen Außen- und Inhalationsdosen bei  $^{137}\text{Cs}$ -Emissionen

Entfernung km	Außendosis Sv		Inhalationsdosis Sv	
	Ohne Inversion	Mit Inversion	Ohne Inversion	Mit Inversion
0,5	7,34E-08	7,71E-07	4,29E-06	4,51E-05
1	5,51E-08	4,59E-07	3,22E-06	2,68E-05
1,5	4,59E-08	2,94E-07	2,68E-06	1,72E-05
2	4,04E-08	2,20E-07	2,36E-06	1,29E-05
2,5	3,60E-08	1,84E-07	2,10E-06	1,07E-05
3	3,27E-08	1,58E-07	1,91E-06	9,23E-06
4	2,79E-08	1,40E-07	1,63E-06	8,16E-06
5	2,50E-08	1,01E-07	1,46E-06	5,90E-06
6	2,26E-08	8,44E-08	1,32E-06	4,94E-06
7	2,06E-08	7,34E-08	1,20E-06	4,29E-06
8	1,95E-08	6,61E-08	1,14E-06	3,86E-06
9	1,76E-08	6,24E-08	1,03E-06	3,65E-06
10	1,65E-08	5,51E-08	9,66E-07	3,22E-06
15	1,28E-08	3,85E-08	7,51E-07	2,25E-06
20	1,10E-08	3,30E-08	6,44E-07	1,93E-06
25	9,18E-09	2,94E-08	5,37E-07	1,72E-06
30	8,44E-09	2,20E-08	4,94E-07	1,29E-06
40	6,61E-09	1,65E-08	3,86E-07	9,66E-07
50	5,51E-09	1,38E-08	3,22E-07	8,05E-07
60	4,77E-09	1,19E-08	2,79E-07	6,98E-07
70	4,41E-09	1,10E-08	2,58E-07	6,44E-07
80	3,85E-09	9,64E-09	2,25E-07	5,64E-07
90	3,60E-09	8,99E-09	2,10E-07	5,26E-07
100	3,30E-09	8,26E-09	1,93E-07	4,83E-07

Im Nichtinversionsfall ist so in diesem Bereich nirgendwo mit Wirkungen zu rechnen. Die erträglichen Auswirkungen bleiben dann innerhalb eines Segments von 10,5 bis 11 Kilometer ab Messpunkt. Darüber hinaus sind die Auswirkungen neutraler Natur.

Auch im Falle einer extremen Inversionswetterlage ist keine belastende Wirkung zu prognostizieren, nicht einmal im Bereich der Betriebsstätte. Die Ausbreitung der erträglichen Wirkungen kann dann innerhalb eines Segments 27 bis 28 Kilometer in einem Öffnungswinkel von fünf Grad erreichen.

Bei der Feststellung der Auswirkungszonen von Betriebsstörungen kam man – mit konservativen Methoden und unter Nutzung der Ausgangsdaten – zu dem Ergebnis, dass bei den ursprünglichen, planmäßigen Maßstörfällen, die Zone der erträglichen Auswirkungen ausschließlich innerhalb der Sicherheitszone anzunehmen sind, darüber hinaus ist mit neutralen Auswirkungen zu rechnen. An den Staatsgrenzen (einerlei welche Richtung) ist damit überall mit neutralen Auswirkungen zu rechnen. Im Zuge der Erstellung der detaillierten Umweltverträglichkeitsprüfung wird eine detaillierte Berechnung (unter Berücksichtigung aller Strahlungsverläufe) unter Benutzung der in der aktualisierten Fassung des Sicherheitsabschlussberichtes VBJ vorkommenden Störfälle angefertigt werden. Der konservative Zugang der gegenwärtigen Schätzungen lässt es aber als wahrscheinlich erscheinen, dass die präzisierten Auswirkungszonen kleiner sein werden, als die zur Zeit geschätzten.

Die Emissionen im Störfall sind im Wasserbereich um vier bis fünf Größenordnungen geringer als die atmosphärischen, ihre Ausweisbarkeit wird in Kapitel 10 bewertet.

Die konventionellen außergewöhnlichen Vorfälle und deren Wirkungszonen werden in Kapitel 5 in der Tabelle 5.53. zusammengefasst.