

Restrisiko beim Umgang mit radioaktiven Stoffen durch die Gewerbebetriebe im Bereich des geplanten Bebauungsplans „Gieselweg/Harxbüttler Straße“

Stellungnahme im Auftrag der Stadt Braunschweig

Darmstadt,
30.7.2014

ENTWURF

Autor

Christian Küppers

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Stellungnahme zu einzelnen Fragestellungen des Auftragsschreibens	2
2.1.	Grundlagen des Strahlenschutzes, Dosisgrenzwerte und Strahlenrisiken	2
2.1.1.	Rechtfertigung, Dosisbegrenzung und Dosisminimierung	2
2.1.2.	Aktuelle Fachdiskussion in Zusammenhang mit Strahlenrisiken und Dosisgrenzwerten	3
2.1.3.	Risiken besonders empfindlicher Personen	5
2.1.4.	Als akzeptabel angesehene Risiken im Strahlenschutz und im konventionellen Umweltschutz	6
2.1.5.	Ergebnisse der KiKK-Studie zu Krebs bei Kindern in der Nähe von Kernkraftwerken	7
2.1.6.	Risiken durch Tritium	8
2.2.	Besonderheiten der Situation am Standort in Braunschweig-Thune	9
2.2.1.	Lage zur Wohnbebauung und Verkehrsanbindung	9
2.2.2.	Unterstellte Aufenthaltszeit an der Umzäunung des Betriebsgrundstücks	9
2.2.3.	Anforderungen der Entsorgungskommission im Stresstest für Einrichtungen der Ver- und Entsorgung	11
2.2.4.	Risiken durch Flugzeugabstürze	14
2.2.5.	Risiken von Straßentransporten radioaktiver Stoffe	15
2.3.	Gesundheitsrisiken	16
3.	Zusammenfassende Schlussfolgerungen	19
	Literaturverzeichnis	20

1. Einleitung

Aufgrund einer breiten Diskussion sowohl im politischen Raum als auch in der Öffentlichkeit hat die Stadt Braunschweig die Absicht, für im nördlichen Braunschweiger Stadtgebiet, im Stadtteil Thune, liegende Gewerbebetriebe Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH (EZN) und GE Healthcare Buchler GmbH & Co KG, die den Bestimmungen der StrlSchV unterliegen, klare Vorgaben hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung zu machen. Dies soll durch die Aufstellung eines Bebauungsplans erfolgen, der zum Ziel hat, zukünftig die Zulässigkeit von Betrieben und Anlagen, die den Bestimmungen der StrlSchV unterliegen und ein inakzeptables Restrisiko aufweisen, auszuschließen. Für die rechtliche Begründung ihrer Vorgehensweise hat die Stadt Braunschweig beschlossen, die Frage des verbleibenden Restrisikos der Gewerbebetriebe - selbst bei Einhaltung aller Anforderungen der StrlSchV - untersuchen und bewerten zu lassen.

Das Öko-Institut e.V. wurde von der Stadt Braunschweig aufgefordert, ein Angebot zur Beantwortung von spezifischen Fragestellungen abzugeben, mit der die Frage nach dem Restrisiko für Anwohner der Betriebe geklärt werden soll. Mit Schreiben vom 16. Mai 2014 hat die Stadt Braunschweig, vertreten durch den Fachbereich Stadtplanung und Umweltschutz, Abteilung Stadtplanung, das Öko-Institut e.V. mit der „Erstellung einer Bewertung über das verbleibende Restrisiko beim Umgang mit radioaktiven Stoffen durch die Gewerbebetriebe im Bereich des geplanten Bebauungsplans ‚Gieselweg/Harxbüttler Straße‘, TH 22“ auf der Basis verschiedener detaillierter Fragestellungen beauftragt.

Die Firma Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH vertreibt Strahlenquellen für industrielle und medizinische Anwendungen sowie Produkte für die Strahlentherapie und –pharmazie. Außerdem bietet sie die Konditionierung und Lagerung von radioaktiven Abfällen und Strahlenquellen an. Die Firma GE Healthcare Buchler GmbH & Co KG vertreibt Produkte für die Medizin. Beide Firmen verfügen über Genehmigungen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen am Standort Braunschweig-Thune. Am gleichen Standort gibt es auch noch eine Chininfabrik der Buchler GmbH.

Auf die einzelnen Fragestellungen des Auftrags wird in Kapitel 2 eingegangen. In Kapitel 3 folgt eine zusammenfassende Schlussfolgerung hinsichtlich der Frage, ob ein (Rest-)risiko für die Bevölkerung besteht, das nicht von vornherein als irrelevant abgetan werden kann.

2. Stellungnahme zu einzelnen Fragestellungen des Auftragsschreibens

In diesem Kapitel werden die einzelnen Fragestellungen des Auftragsschreibens bzw. des späteren Nachtrags, behandelt. Die Fragestellungen werden strukturiert – und nicht in der Reihenfolge der Nennung im Auftrag - abgearbeitet, um die Nachvollziehbarkeit zu erleichtern.

In Kapitel 2.1 werden zunächst grundsätzliche Aspekte des Strahlenschutzes und des Strahlenrisikos angesprochen. In Kapitel 2.2 wird auf Besonderheiten der Situation in Braunschweig-Thune eingegangen. In Kapitel 2.3 werden verschiedene Risiken quantitativ dargestellt.

2.1. Grundlagen des Strahlenschutzes, Dosisgrenzwerte und Strahlenrisiken

In Kapitel 2.1 wird zunächst auf die Grundprinzipien Rechtfertigung, Dosisbegrenzung und Dosisminimierung eingegangen und deren wissenschaftliche Grundlage dargelegt. Im nächsten Abschnitt wird auf mögliche zukünftige Entwicklungen der Einschätzung des Risikos eingegangen. Besondere Aspekte des Strahlenrisikos, nämlich die Frage besonders sensibler Personengruppen, der Vergleich mit im konventionellen Umweltschutz akzeptierten Risiken, Folgerungen aus der KiKK-Studie zu Krebs bei Kindern in der Nähe von Kernkraftwerken sowie die Frage der Einschätzung des Risikos durch in den Körper aufgenommenes Tritium werden im Anschluss behandelt.

2.1.1. Rechtfertigung, Dosisbegrenzung und Dosisminimierung

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Darlegung von Grundlagen des Strahlenschutzes, insbesondere des Minimierungsgebots, das auf der Annahme einer fehlenden Wirkungsschwelle von ionisierender Strahlung beruht.“*

Durch eine Bestrahlung mit von radioaktiven Stoffen ausgehender Strahlung kommt es zu einem Energieeintrag in Körpergewebe, der physikalische Prozesse wie die Ionisation (Erzeugung geladener Teilchen) oder Anregungen von Atomen verursacht. Dadurch kann es zu Veränderungen an wichtigen Molekülen (z. B. Nukleinsäuren, Proteine, Enzyme) kommen. Solche Veränderungen können, falls Keimzellen betroffen sind, Schäden bei Nachkommen, falls Körperzellen betroffen sind, Schäden beim bestrahlten Individuum hervorrufen. Bei sehr hoher Bestrahlung sind akute Schäden möglich, die sofort auftreten (z. B. Kopfschmerzen, Erbrechen etc.). Akute Schäden werden bei Einhaltung von Dosisgrenzwerten verhindert. Sogenannte stochastische Schäden wie Leukämie und Krebs können dagegen auch noch lange nach einer Bestrahlung auftreten, wobei die Wahrscheinlichkeit des Auftretens mit der Höhe der Bestrahlung zunimmt, nicht aber die Schwere der Erkrankung.

Wissenschaftlich ist ein Wirkungsmechanismus begründbar, über den ionisierende Strahlung ohne eine Wirkungsschwelle auch noch bei beliebig geringer Dosis mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit gesundheitliche Schäden hervorrufen kann. Es gibt zwar körpereigene Reparaturmechanismen, die Schäden auf Zellebene auch wieder heilen können, allerdings wirken diese nicht mit absoluter Zuverlässigkeit, so dass auch unter Berücksichtigung solcher Reparaturmechanismen eine Schädigung ohne Schwelle möglich bleibt.

Um das Risiko einer Strahlenexposition quantifizieren zu können, sind Untersuchungen an exponierten Personengruppen erforderlich, für die einerseits die Dosis abgeschätzt werden muss und andererseits statistisch ein möglicher Anstieg des Risikos einer späteren Erkrankung untersucht werden muss. Dazu sind sehr große Personenkollektive erforderlich, wenn statistisch abgesicherte Ergebnisse erreicht werden sollen, außerdem eine relativ hohe Dosis, die sich deutlich von der Schwankung der natürlichen Exposition unterscheiden muss. Die relevanten Personenkollektive für solche Untersuchungen sind daher insbesondere die Überlebenden der Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki sowie Personenkollektive, die hohen medizinischen Dosen oder Expo-

sitionen am Arbeitsplatz ausgesetzt waren. Bei diesen Personenkollektiven lässt sich statistisch die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit einer späten Erkrankung, auch mit tödlichem Verlauf, mit der Zunahme der Dosis nachweisen. Allerdings sind in den statistisch aussagekräftigen Studien die Dosen der untersuchten Personen deutlich höher als die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

Es besteht also das Dilemma, dass Gesundheitsschäden durch die Strahlung auch bei beliebig niedrigen Dosen theoretisch möglich sind, sich dies aus statistischen Gründen durch Untersuchungen an Personenkollektiven aber nur in einem Dosisbereich belegen lässt, der oberhalb der Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung liegt. Um diesem Dilemma zu begegnen, wird zu Strahlenschutz Zwecken davon ausgegangen, dass es keine Wirkungsschwelle gibt und ein linearer Zusammenhang zwischen Dosis und Schaden besteht. Damit verbleibt auch ein Risiko unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen gibt es drei Grundprinzipien des Strahlenschutzes:

- **Rechtfertigung:** Eine Tätigkeit, die zu einer Strahlenexposition führt, muss gerechtfertigt sein. Sie muss also besondere Vorteile bringen, die auf anderem Wege nicht erreichbar wären.
- **Dosisbegrenzung:** Die Dosis von Einzelpersonen muss begrenzt werden, so dass auch das Risiko begrenzt bleibt.
- **Dosisminimierung** (oft auch als Optimierung bezeichnet): Darüber hinaus muss auch unterhalb der Grenzwerte die Dosis so gering wie möglich gehalten werden. Das Minimierungsgebot in § 6 StrSchV fordert daher, „jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden“ sowie „jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten“.

Dies bedeutet im Hinblick auf das Risiko: **Auch unterhalb der Dosisgrenzwerte gibt es ein Risiko für späte tödlich verlaufende Krebserkrankungen und Schäden bei Nachkommen. Das Risiko wird umso größer, je größer die Dosis ist.** Eine Darstellung der quantitativen Risiken durch Strahlenexposition in verschiedenen Situationen bzw. bei verschiedenen Dosen erfolgt in Kapitel 2.3.

2.1.2. Aktuelle Fachdiskussion in Zusammenhang mit Strahlenrisiken und Dosisgrenzwerten

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: „Darlegung einschlägiger Aspekte der aktuellen Fachdiskussion um Dosisgrenzwerte und Strahlenrisiken (Strahlenschutzkommission/SSK, Internationale Strahlenschutzkommission/ICRP, neue Anforderungen durch die EU-Grundnormen etc).“

In der Vergangenheit sind Dosisgrenzwerte immer wieder gesenkt worden. Dies hing teilweise mit neueren Erkenntnissen zum Strahlenrisiko zusammen, teilweise mit technischen Fortschritten, die im Sinne der Minimierung eine weitere Absenkung erst ermöglichten. Die Grenzwerte für Personen der Bevölkerung in Deutschland werden seit einigen Jahrzehnten damit begründet, dass sie innerhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in Deutschland liegen. Neuere Erkenntnisse zum Strahlenrisiko müssen daher nicht zwangsläufig weitere Absenkungen von Dosisgrenzwerten für Einzelpersonen der Bevölkerung nach sich ziehen. Eine Absenkung von Dosisgrenzwerten für die Bevölkerung durch Direktstrahlung oder Ableitungen aus Anlagen und Einrichtungen wird aktuell von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) sowie der Internationalen

Strahlenschutzkommission (ICRP) nicht diskutiert und von den neuen EU-Grundnormen /EU 2013/ nicht verlangt.

Es gibt aber einige Diskussionen in Zusammenhang mit der Risikoabschätzung, die zukünftig zu einer neuen quantitativen Einschätzung des Strahlenrisikos führen können. Hierzu drei wichtige Beispiele:

- Es wird diskutiert, inwieweit Herz-Kreislauf-Erkrankungen zusätzlich in den Risikokoeffizienten aufgenommen werden sollen. Solche Effekte zeigen sich bei hohen Dosen durch Bestrahlung in der Medizin, aber auch beim hoch exponierten Kollektiv der Liquidatoren von Tschernobyl, die dort nach dem Reaktorunfall Aufräumarbeiten leisteten. Es bestehen aber noch offene Fragen hinsichtlich des genauen Wirkungsmechanismus, also insbesondere hinsichtlich der Frage, ob die Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System ebenfalls ohne Schwellenwert angenommen werden kann.
- Die deutsche Strahlenschutzkommission sieht keine Basis mehr für den Reduktionsfaktor 2, den die ICRP zur Berücksichtigung von absoluter Dosis und Dosisrate bei der Extrapolation von Erkenntnissen aus den Untersuchungen in Hiroshima und Nagasaki für niedrige Dosen (d. h. Dosen im Bereich der Dosisgrenzwerte) eingeführt hatte. Es war unter anderem erwartet worden, dass die gleiche Dosis mit höherer Wahrscheinlichkeit zu einer späteren Erkrankung führt, wenn sie über einen kürzeren Zeitraum auftritt. Nach heutigem Stand der Wissenschaft ist dies aber zumindest quantitativ nicht mehr haltbar¹. Die Frage, ob dies ein um einen Faktor 2 (oder um einen kleineren Faktor) höheres Risiko im Dosisbereich unterhalb der Dosisgrenzwerte bedeutet, ist aber noch nicht geklärt.
- Anhebung des Strahlenwichtungsfaktors² für niederenergetische Beta-Strahlung. Der Strahlenwichtungsfaktor beträgt bisher 1 für Beta-Strahlung unabhängig von ihrer Energie. Diskutiert wird seit einigen Jahren eine Anhebung auf den Faktor 2 bis 3. Dies würde sich auf das Risiko bei einer Bestrahlung mit bestimmten Radionukliden auswirken, hätte aber keine Auswirkung auf Risiken durch Direktstrahlung bei Aufenthalt am Zaun eines Geländes, auf dem mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird.

Durch die neuen EU-Grundnormen /EU 2013/ wird eine stärkere Einbeziehung von natürlichen Radionukliden und der medizinischen Anwendung bei der Überprüfung der Einhaltung des Grenzwerts von 1 mSv effektive Dosis im Jahr für die Bevölkerung gefordert. Die Strahlenschutzverordnung behandelt diese Bereiche bisher getrennt; sie werden bei der Beurteilung von Ableitungen künstlicher radioaktiver Stoffe aus Anlagen und Einrichtungen nicht als Vorbelastung angerechnet. Zukünftig wird es aber nötig sein, auch Expositionen Dritter durch die Medizin (z. B. Exposition durch Röntgenstrahlung außerhalb einer Praxis, in der diese Strahlung eingesetzt wird) oder durch Ableitungen natürlicher Radionuklide (z. B. bei der Verarbeitung von Erzen oder Rückständen, die zur Freisetzung von darin enthaltenen natürlichen Radionukliden führt) bei der Einhaltung des Grenzwerts einzubeziehen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine grundlegende Neueinschätzung von Strahlenrisiken für die Zukunft nicht erkennbar ist. Änderungen im Bereich eines Faktor 2 bis 3 wären dagegen durchaus möglich.

¹ Die SSK hat hierzu eine umfangreiche Stellungnahme abgegeben, die verabschiedet, aber noch nicht auf der Homepage der SSK (www.ssk.de) veröffentlicht ist.

² Der Strahlenwichtungsfaktor soll die relative Wirksamkeit im Hinblick auf gesundheitliche Folgen verschiedener Strahlenarten beschreiben. Er beträgt aktuell beispielsweise 1 für Gamma- und für Beta-Strahlung sowie 20 für Alpha-Strahlung.

2.1.3. Risiken besonders empfindlicher Personen

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: „*Bewertung des Grenzwertkonzepts im Hinblick auf besonders empfindliche Personen. Nach StrlSchV sind sechs Altersgruppen zu betrachten, vom Kleinkind Alter < 1 Jahr bis zum Erwachsenen. Bestimmte Annahmen der Dosisabschätzung sind aber ‚Konvention‘ und decken nicht alle Individuen ab (z. B. Dosiskoeffizienten, Mittelung der Geschlechter).*“

Die Risikokoeffizienten der ICRP /ICRP 2007/ beziehen auch Wirkungen auf Kinder mit ein. Aus diesem Grund werden zwei verschiedene Risikokoeffizienten angegeben: Einer für berufliche Exposition (von Erwachsenen) und ein höherer für die Bevölkerung (einschließlich der Kinder).

Die Referenzpersonen, die nach Strahlenschutzverordnung zu berücksichtigen sind, umfassen sechs Altersgruppen, beginnend beim Kleinkind im Alter bis zu einem Jahr. Für die höchstexponierte Altersgruppe muss der Dosisgrenzwert eingehalten werden. Besondere Ernährungsformen sind durch die extrem konservative Vorgehensweise bei der Ermittlung der Dosis durch Verzehr kontaminierter Lebensmittel berücksichtigt (hohe Verzehrswerten und ausschließlicher Verzehr von Lebensmitteln mit der maximal möglichen Kontamination).

Das ungeborene Leben wird im beruflichen Bereich besonders geschützt, da bei Ausschöpfung von Dosisgrenzwerten für beruflich strahlenexponierte Personen durch Inhalation bestimmter Radionuklide die Dosis des Ungeborenen 1 mSv überschreiten könnte. Nach Bekanntgabe einer Schwangerschaft dürfen Frauen daher nicht mehr in Bereichen arbeiten, in denen ein Inhalationsrisiko besteht. Bei Personen der Bevölkerung sind dagegen aufgrund der niedrigeren Grenzwerte keine besonderen Vorkehrungen zum Schutz des ungeborenen Lebens erforderlich.

Zur besonderen Empfindlichkeit innerhalb einzelner Schwangerschaftswochen im Hinblick auf bestimmte Schäden liegen umfangreiche Erkenntnisse vor. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung beziehen sich auf ein Kalenderjahr, könnten also in jedem Jahr ausgeschöpft werden. In kurzen Zeiträumen (wenige Wochen innerhalb einer Schwangerschaft) oder kurzen Lebensabschnitten (z. B. erstes Lebensjahr) kann ein – gegenüber dem Erwachsenen - erhöhtes Risiko bestehen. Für den Strahlenschutz ist wichtig, dass dieses Risiko so begrenzt ist, dass keine akuten Schäden auftreten. Für das allgemeine Risiko stochastischer Schäden, dem eine Person ausgesetzt ist, kommt es weniger darauf an, ob in einem Einzeljahr ein größeres Risiko besteht, als darauf, welches Lebenszeitrisiko insgesamt besteht. Nach derzeitigem Kenntnisstand tragen die Zeiten höheren Risikos nur sehr wenig zum Lebenszeitrisiko bei. Insofern ist das bestehende Strahlenschutzsystem geeignet, Risiken auch unter Berücksichtigung dieser besonderen Empfindlichkeit ausreichend zu begrenzen.

Bei drei Aspekten der Dosisermittlung werden Konventionen getroffen, die für den praktischen Strahlenschutz eine Referenzsituation definieren, die keinem tatsächlichen Menschen entspricht:

- Organwichtungsfaktoren bilden die unterschiedliche Empfindlichkeit von einzelnen Organen ab. Dabei wird eine „Referenzperson“ definiert, die sowohl Organe aufweist, die nur bei Frauen als auch solche, die nur bei Männern existieren.
- Die „effektive Dosis“ ist eine Dosis, die gewichtete Organdosen enthält, so dass auch diese Dosis sich auf die Referenzperson bezieht, die keiner real existierenden Person entspricht, für Strahlenschutz Zwecke aber geeignet ist.
- Zur Berechnung der Dosis nach Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper sind komplexe Modellierungen erforderlich. So ist es für die Dosimetrie wichtig, wie sich die aufgenommenen Radionuklide im Körper verteilen, ob sie in einzelnen Organen angereichert werden und mit welcher „biologischen Halbwertszeit“ sie wieder ausgeschieden werden. Sogenannte Dosiskoeff-

fizienten geben nuklidspezifisch an, wie hoch die Dosis pro in den Körper über Atemwege oder Magen-Darm-Trakt aufgenommener Aktivität ist. In den Dosiskoeffizienten fließt dann die über die Folgejahre nach Inkorporation eines radioaktiven Stoffs in verschiedenen Körpergeweben abgegebene Energie ein, wobei die verschiedenen Körpergewebe im Hinblick auf ihre Strahlensensibilität zu wichten sind. Individuell unterschiedlich sind auch Massen einzelner Organe; je geringer die Masse, umso größer wird die Dosis bei einer Anreicherung im jeweiligen Organ, da in die Dosis die pro Masse absorbierte Zerfallsenergie einfließt. Wissenschaftliche Untersuchungen der Streuung solcher Faktoren beim Menschen liegen nur zu wenigen Radionukliden vor. Im Allgemeinen sind Analogieschlüsse und Übertragungen aus Tierversuchen erforderlich.

Um für den praktischen Strahlenschutz definierte Rechengrößen zu erhalten, werden die Dosiskoeffizienten nach Stand von Wissenschaft und Technik entwickelt und bei neuen Kenntnisständen angepasst. Ziel ist es dabei, die Dosiskoeffizienten so festzulegen, dass sie etwa dem mittleren in einem Personenkollektiv tatsächlich zu erwartenden Wert entsprechen. Dabei wird auch über die Geschlechter gemittelt. Diese Dosiskoeffizienten sind damit ebenfalls „Konvention“ und werden in Deutschland dadurch festgelegt, dass sie im Bundesanzeiger veröffentlicht wurden und die Strahlenschutzverordnung auf die dort veröffentlichten Dosiskoeffizienten verweist.

Zusammenfassend lässt sich demnach feststellen, dass empfindlichere Altersgruppen bei Einhaltung der Dosisgrenzwerte vergleichbar geschützt sind, wenn das Risiko über das gesamte Leben als Maß herangezogen wird. Bei speziellen Abweichungen von mittleren metabolischen Daten wären auch über lange Zeiträume höhere oder niedrigere Dosen möglich, als sie sich mit den Dosiskoeffizienten errechnen lassen.

2.1.4. Als akzeptabel angesehene Risiken im Strahlenschutz und im konventionellen Umweltschutz

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Diskussion der als akzeptabel angesehenen Risiken im Strahlenschutz und in konventionellen Umweltschutz, bei Normalbetrieb sowie bei Stör- und Unfällen. Darlegung der Bedeutung der Prinzipien Rechtfertigung und Optimierung (Minimierungsgebot nach § 6 StrlSchV) im Strahlenschutz.“*

Die mit der Ausschöpfung von Grenzwerten verbundenen Risiken werden in Kapitel 2.3 dargelegt. Sie lassen sich auf Lebenszeitrisiken hochrechnen und liegen dann bezogen auf den allgemeinen Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung gemäß § 46 StrlSchV über 70 Jahre bei einem Risiko von 1:250 bzw. 0,4 %. Ein solches Risiko ist zu hoch, um als allgemein akzeptabel angesehen zu werden. Aus diesem Grund gibt es im Strahlenschutz zusätzlich die Prinzipien der Rechtfertigung und der Minimierung bzw. Optimierung (siehe Kapitel 2.1.1).

Im konventionellen Umweltschutz bestehen oft Anforderungen, die zunächst oft restriktiver erscheinen, beispielsweise wenn Risiken auf 1:1.000 bis 1:100.000 pro Lebenszeit begrenzt werden sollen. Es gibt auch Konzepte, die den Verlust von Lebensjahren und Lebensqualität einbeziehen (z. B. bei der WHO).

Ein direkter Vergleich von Anforderungen des konventionellen Umweltschutzes mit denen des Strahlenschutzes ist jedoch problematisch, da grundlegende Unterschiede der Herangehensweise zu beachten sind:

- Der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung bezieht sich nicht auf eine einzelne Tätigkeit oder ein einzelnes Radionuklid, sondern auf alle Tätigkeiten, die auf eine einzelne Person einwirken und auf alle Radionuklide, die dabei in die Umwelt gelangen.

Im konventionellen Umweltschutz erfolgen die Bewertungen dagegen oft einzelstoffbezogen.

- Im Strahlenschutz werden die Strahlenexpositionen durch abgeleitete Radionuklide sehr konservativ berechnet und auf dieser Basis die Ableitungen aus Anlagen und Einrichtungen begrenzt. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person einer Dosis in der errechneten Höhe ausgesetzt ist, ist dann sehr klein und wäre in den Risikowert noch hinein zu rechnen.

Im konventionellen Umweltschutz beziehen sich Begrenzungen von kanzerogenen Stoffen in Umweltmedien oder Nahrungsmitteln dagegen in der Regel auf den Gehalt in diesen Medien, so dass kein „Sicherheitszuschlag“ durch konservative Berechnung aus Ableitungen besteht. Die Überprüfung der Einhaltung der Begrenzung erfolgt stattdessen durch unmittelbare Messung an den entsprechenden Medien.

2.1.5. Ergebnisse der KiKK-Studie zu Krebs bei Kindern in der Nähe von Kernkraftwerken

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Bedeutung der Ergebnisse der KiKK-Studie im Hinblick auf die Gewerbebetriebe (Vergleich realistischer Expositionen in der Umgebung von Kernkraftwerken und im Nahbereich der Gewerbebetriebe). Dabei wird auch die Bewertung der KiKK-Studie durch die SSK berücksichtigt.“*

Die epidemiologische Studie von Kaatsch et al. (KiKK-Studie) /Kaatsch 2007/ kam zum Ergebnis, dass ein erhöhtes relatives Risiko für Leukämie von Kindern unter 5 Jahren im 5 km-Umkreis deutscher Kernkraftwerke relativ zum äußeren Bereich des jeweiligen Studiengebietes besteht. Die Studie hat nicht die tatsächliche Exposition von Personen als Maßstab genommen, sondern den Abstand des jeweiligen Wohnorts vom Kernkraftwerk.

In einer epidemiologischen Studie können gesundheitliche Effekte statistisch erkannt werden. Die Zuordnung zu einem bestimmten auslösenden Einfluss ist aber nicht mehr Aufgabe einer solchen Studie. Es gab vielfältige Ansätze, das Ergebnis der KiKK-Studie in Zusammenhang mit der von einem Kernkraftwerk ausgehenden Strahlenexposition zu bewerten. Die SSK kam in ihrer umfangreichen Bewertung /SSK 2008, SSK 2009/ zum Ergebnis: *„Die durch die Kernkraftwerke verursachte zusätzliche Strahlenexposition ist um deutlich mehr als einen Faktor 1.000 geringer als Strahlenexpositionen, die die in der KiKK-Studie berichteten Risiken bewirken könnten.“* In diese Bewertung sind auch besonders sensible Stadien in der Schwangerschaft und mögliche besondere Ernährungsgewohnheiten eingeflossen.

Vor dem Hintergrund der bei einem Kernkraftwerk relevanten Expositionspfade, über die in die Umgebung abgeleitete Radionuklide wirken, ist es nicht plausibel, dass Risiko und Dosis im Wesentlichen vom Abstand zum Kernkraftwerk abhängig sein sollten. Die Strahlenexposition durch Direktstrahlung und Inhalation abgeleiteter Radionuklide ist dort, wo sich Personen länger aufhalten, extrem niedrig. Der höchste Dosisbeitrag müsste von der Dosis durch Ingestion kontaminierter Lebensmittel herrühren, der aber von den individuellen Lebensgewohnheiten, insbesondere der Herkunft der verzehrten Nahrungsmittel, abhängt, weniger aber vom Abstand vom Kernkraftwerk. Hinzu kommt, dass der Dosisbeitrag durch die Ableitungen eines Kernkraftwerks zur Gesamtdosis (einschließlich der natürlichen Dosis) und deren Schwankungsbreite sehr gering ist (maximal etwa 0,1 %). Auch dadurch sollte eine strenge Abstandsabhängigkeit „verschmiert“ werden.

Die Dosis durch Ableitungen aus Kernkraftwerken wird mit den sehr konservativen Ansätzen der AVV zu § 47 StrlSchV berechnet. Dabei wird beispielsweise vom Daueraufenthalt im Freien an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung um vom Bezug sämtlicher Nahrungsmittel von diesem Ort ausgegangen. Dennoch liegen die effektiven Dosen durch Ableitungen radioaktiver

Stoffe aus Kernkraftwerken (bezogen auf die tatsächlichen Emissionen) bei höchstens 0,01 mSv im Jahr, oft noch Größenordnungen darunter. Die tatsächliche Dosis eines Anwohners der Braunschweiger Betriebe kann daher deutlich höher sein als die des nächsten Anwohners eines Kernkraftwerks, da die Wohnbebauung in Braunschweig-Thune nahe an die Betriebe heranreicht (siehe hierzu im Detail Kapitel 2.2).

Damit ergibt sich als Schlussfolgerung, dass im normalen Betriebsablauf das radiologische Risiko eines Anwohners der Braunschweiger Betriebe als größer einzuschätzen ist als das radiologische Risiko eines Anwohners eines Kernkraftwerks. Da die Ursache der Ergebnisse der KiKK-Studie wissenschaftlich nicht festgestellt werden konnte, ist durch die KiKK-Studie aber nicht belegt, dass dieses Risiko tatsächlich höher ist als es sich aus den Risikokoeffizienten der ICRP (siehe Kapitel 2.3) ergibt.

2.1.6. Risiken durch Tritium

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: „*Darlegung und Bewertung von Risiken durch Tritium (Freisetzbarkeit, Einbau in DNA nach Inkorporation etc.)*.“

In der öffentlichen Diskussion wird oft angeführt, dass das Strahlenrisiko bei Aufnahme von Tritium deutlich unterschätzt würde. Daher wird dieses Radionuklid hier gesondert betrachtet. Tritium ist ein radioaktives Isotop des Elements Wasserstoff mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren.

Eine Besonderheit des Tritiums ist die Möglichkeit des Einbaus in die DNA³ eines Zellkerns als Wasserstoffbrücke. Zerfällt der Tritiumkern, so bricht diese Brücke, ohne dass es dazu noch der indirekten Wirkung durch eine Ionisation bedarf. Ein Schaden in der DNA wird dann sehr effektiv gesetzt. Nur ein sehr kleiner und praktisch vernachlässigbarer Teil des in den Körper aufgenommenen Tritiums gelangt aber in Zellkerne und die DNA. Überwiegend wird Tritium dagegen mit einer biologischen Halbwertszeit von einigen Tagen (insbesondere abhängig vom Wasserkonsum der jeweiligen Person) ausgeschieden. Mit den Dosiskoeffizienten, mit denen die Dosis aus der aufgenommenen Menge berechnet wird, sind diese Besonderheiten abgedeckt.

Wesentlich gefährlicher sind Tritium-Verbindungen, die mit großer Wahrscheinlichkeit in die DNA gelangen (z. B. Thymidin). Solche Verbindungen werden zu Tracerzwecken bei Zelluntersuchungen angewandt. Sie müssen gezielt hergestellt werden, entstehen also nicht in der Natur nach einer Ableitung von Tritium als HT-Gas oder HTO (tritiiertes Wasser). Ob mit Tritium-Verbindungen, die nach Aufnahme in der Körper mit hoher Wahrscheinlichkeit in die DNA gelangen könnten, am Standort Braunschweig-Thune umgegangen wird oder ob dies im Rahmen der bestehenden Genehmigungen möglich wäre, ist nicht bekannt. Auch wenn mit solchen Verbindungen umgegangen würde, würde dies aber nicht heißen, dass diese im normalen Betriebsablauf auch in die Umgebung gelangen.

Als Beta-Strahler mit sehr niedriger Beta-Energie ist Tritium von der Diskussion einer Erhöhung des Faktors, der die radiobiologische Wirksamkeit der Strahlung beschreibt, betroffen (siehe Kapitel 2.1.2). Die Diskussionen könnten eventuell dazu führen, dass dieser Faktor zukünftig beispielsweise auf 2 erhöht wird. In diesem Fall wären dann auch die Dosiskoeffizienten anzupassen und die Dosis unter sonst gleichen Annahmen wäre doppelt so hoch.

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich des Tritiums feststellen, dass es unter Risikogesichtspunkten nur dann relevant wäre, wenn eine Ableitung von speziellen Tritium-

³ Desoxyribonukleinsäure, Träger der Erbinformation einer Zelle

Verbindungen erfolgen würde. Dies ist zwar nach derzeitiger Kenntnislage nicht auszuschließen, kann aber nicht als sehr plausibel angesehen werden.

2.2. Besonderheiten der Situation am Standort in Braunschweig-Thune

Im nachfolgenden Kapitel wird auf die Besonderheiten der Situation am Standort Braunschweig-Thune eingegangen. Zunächst werden die Lage zur Wohnbebauung und die Verkehrsanbindung beschrieben. Die Lage von Messpunkten am Zaun des Betriebsgeländes, für die kein Dauer-aufenthalt unterstellt wird, wird dargelegt. Schließlich wird auf Ergebnisse des Stresstests der Entsorgungskommission (ESK) hinsichtlich der Firma EZN eingegangen, auf Risiken durch den nahegelegenen Flughafen Braunschweig-Wolfsburg sowie auf Risiken durch Transporte radioaktiver Stoffe von und zum Standort Braunschweig-Thune.

2.2.1. Lage zur Wohnbebauung und Verkehrsanbindung

Der Gewerbestandort in Braunschweig-Thune liegt am westlichen Ortsausgang an der Verbindungsstraße K 28 nach Harxbüttel. Wohnbebauung schließt sich an drei Seiten an den Gewerbestandort an. Nach Norden hin liegt die Wohnbebauung unmittelbar nördlich der Harxbütteler Straße. Die Abstände zwischen außerhalb liegenden Wohngebäuden und Verwaltungs- bzw. Betriebsgebäuden beträgt hier im ungünstigsten Fall nur ca. 40 m. Nach Osten grenzt die Wohnbebauung unmittelbar an den Standort an. Die hier zunächst angeordneten Stellplätze schaffen einen konkreten Abstand zwischen Wohn- und Betriebsgebäuden von ca. 60 m. Nach Süden hin ist die bestehende Wohnbebauung zunächst durch den Mittellandkanal getrennt und hat einen Abstand zu Betriebsgebäuden von ca. 90 m.

Eine unmittelbare Anbindung an den Mittellandkanal besteht nicht. Betriebliche Verkehre können nach Norden in Richtung B 4 über die Thunstraße/Meinestraße abfließen. Eine verkehrliche Beziehung zur A 391/B 4 besteht auch über die Hauptstraße/Wendebrück an die Anschlussstelle Braunschweig-Wenden. Nach Süden abfließende Verkehre Richtung Zentrum und Richtung A 2 können die Hauptstraße nutzen.

Für alle Fahrbeziehungen ist festzustellen, dass bis zur Erreichung von Hauptverkehrsstraßen unmittelbar mit Wohnnutzungen bestandene Straßen befahren werden. Insbesondere die Hauptstraße bildet mit ihren angelagerten Wohnbereichen sowie ihrer zentralen Versorgungsfunktion das Potenzial, mit Transporten in Berührung zu kommen.

2.2.2. Unterstellte Aufenthaltszeit an der Umzäunung des Betriebsgrundstücks

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Auswirkung der mit 2.000 Stunden im Jahr (statt ganzjährig) angesetzten Aufenthaltszeit an der Umzäunung des Betriebsgrundstücks im Bereich der Messpunkte 1 bis 9 bei der Nachweisführung der Einhaltung der Dosisgrenzwerte für Personen der Bevölkerung auf die tatsächlichen Risiken, denen Personen der Bevölkerung ausgesetzt sind.“*

Es sind zwei Arten von Strahlenexpositionen von Personen in der Umgebung von Anlagen und Einrichtungen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen, zu unterscheiden:

- a) Direktstrahlung

Von Radionukliden abgegebene Gamma- oder Neutronenstrahlung kann Verpackungen sowie Wände und Decken von Gebäuden in abgeschwächter Form durchdringen. Dies wird als „Direktstrahlung“ bezeichnet. Die Strahlung kann bei einem Austritt nach oben gestreut werden und so in der Umgebung auch wieder den Erdboden erreichen. Dieser Beitrag wird „Sky-shine“ genannt.

b) Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe

Werden radioaktive Stoffe aus einer Anlage oder Einrichtung mit Luft oder Wasser abgegeben, so können sich diese radioaktiven Stoffe in der Umgebung ausbreiten und auf verschiedenen Pfaden zur Dosis der Bevölkerung führen. Solche Pfade sind bei Ableitungen mit Luft die Bestrahlung aus einer radioaktiven Wolke, die Inhalation, die Bestrahlung nach Ablagerung auf dem Boden, der Übergang in die Nahrungskette. Bei einer Ableitung mit Wasser sind Expositionen über Trinkwasser, Fischverzehr, Aufenthalt an Sediment, Beregnung von für den Anbau von Lebensmitteln genutzten Flächen sowie Nutzung des Wassers zur Viehtränke mögliche Expositionspfade.

Die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) begrenzt die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung gemäß § 46 Abs. 1 StrlSchV auf 1 mSv im Kalenderjahr; dies bezieht sich auf die Summe der Beiträge durch Direktstrahlung und Ableitungen radioaktiver Stoffe. Gemäß § 47 Abs. 1 StrlSchV darf die effektive Dosis durch Ableitungen radioaktiver Stoffe aus einer Anlage oder Einrichtung über Abluft und Abwasser an der ungünstigsten Einwirkungsstelle (einschließlich der Vorbelastung durch andere Anlagen und Einrichtungen) maximal jeweils 0,3 mSv im Kalenderjahr betragen.

Zur Berechnung der Einhaltung des Dosisgrenzwerts nach § 47 StrlSchV, also bei Ableitungen radioaktiver Stoffe aus Anlagen und Einrichtungen, ist die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV /AVV 2012/ anzuwenden. Sie legt fest, dass von einem ganzjährigen Aufenthalt im Freien an der ungünstigsten Einwirkungsstelle - also dem Ort, an dem die Ableitungen zur höchsten Dosis führen - auszugehen ist. Dies ist auch über Anlage VII Tabelle 3 StrlSchV so festgelegt. Zur Berechnung der Einhaltung des Dosisgrenzwerts nach § 46 StrlSchV, also im Falle von Direktstrahlung, ist ein zu unterstellender Daueraufenthalt dagegen nicht explizit festgelegt. § 46 Abs.3 StrlSchV legt vielmehr fest: *„Die für die Strahlenexposition aus Direktstrahlung maßgebenden Aufenthaltszeiten richten sich nach den räumlichen Gegebenheiten der Anlage oder Einrichtung oder des Standortes; liegen keine begründeten Angaben für die Aufenthaltszeiten vor, ist Daueraufenthalt anzunehmen.“*

In der Praxis bei kerntechnischen Anlagen, z. B. Kernkraftwerke mit ihren Zwischenlagern, ist es üblich, von Daueraufenthalt auszugehen, unabhängig davon, ob andere Festlegungen begründbar wären. Solche Anlagen liegen im Übrigen relativ weit von einer Wohnbebauung entfernt.

Zur Überwachung der Einhaltung der zulässigen Jahresdosis durch Direktstrahlung in der Umgebung der Einrichtungen am Standort Braunschweig-Thune wird die jährlich akkumulierte Dosis am Zaun des Geländes der Firmen EZN, GE und Buchler GmbH und im Bereich der Wohnbebauung ermittelt. Bei der Bewertung, ob der zulässige Grenzwert einzuhalten ist, ist die natürliche Hintergrundstrahlung (die aus Referenzstandorten ermittelt wird) abzuziehen. Außerdem muss eine Annahme getroffen werden, über wie viele Stunden des Jahres sich eine Person am Messpunkt aufhält. An neun Messpunkten wird im Hinblick auf die Dosisermittlung von einer Aufenthaltszeit von 2.000 Stunden im Jahr ausgegangen wird, bei den übrigen von einem ganzjährigen Aufenthalt /NLWKN 2012a, NLWKN 2012b/.

Die den Messpunkten, bei denen von einem Aufenthalt von 2.000 Stunden im Jahr ausgegangen wird, nächstgelegene Wohnbebauung ist:

- Messpunkt 1 (Zaun an der nordöstlichen Ecke des Betriebsgeländes): 55 m bis zum nächsten Wohnhaus jenseits der Harxbütteler Straße),
- Messpunkt 5 (Zaun am westlich des Betriebsgeländes, westlich des Gebäudes AB 10, angrenzend an Ackerfläche): 240 m bis zum nächsten Wohnhaus jenseits der Harxbütteler Straße und 315 m bis zum nächsten Wohnhaus auf der anderen Seite des Mittellandkanals (Lupinenweg),
- Messpunkt 7 (südlicher Zaun des Betriebsgeländes, südöstlich des Gebäudes AB 10, angrenzend an Ackerfläche): 200 m bis zum nächsten Wohnhaus jenseits der Harxbütteler Straße und 245 m bis zum nächsten Wohnhaus auf der anderen Seite des Mittellandkanals (Lupinenweg).

Ein ganzjähriger Aufenthalt im Freien am Zaun einer Anlage oder Einrichtung ist in der Regel unrealistisch. Wird aber bei der Berechnung der Dosis durch Direktstrahlung eine geringere Aufenthaltszeit als ein Jahr angesetzt, so kann die Dosisleistung (Dosis pro Stunde) entsprechend höher sein. Bei einem tatsächlichen Aufenthalt am Zaun über einen bestimmten Zeitraum führt dies dann auch zu einer höheren Dosis. Ein Beispiel: Wird – bezogen auf einen ganzjährigen Aufenthalt – eine Dosis von 1 mSv im Jahr erreicht, so würde bei einem gelegentlichen Aufenthalt von beispielsweise einer Stunde je Woche (52 Stunden im Jahr) die Dosis 0,0059 mSv im Jahr betragen. Wird dagegen ein Aufenthalt von 2.000 Stunden für die Überprüfung der Einhaltung des Dosisgrenzwerts angesetzt und der Grenzwert ausgeschöpft, so würde die Dosis im beispielhaft betrachteten (realistischen) Fall nicht 0,0059 mSv im Jahr sondern 0,026 mSv im Jahr, also das 4,38fache, betragen.

In beiden Fällen liegt die Dosis unterhalb des Dosisgrenzwerts der Strahlenschutzverordnung. Aber auch mit einer solchen Dosis ist ein Risiko verbunden (siehe Kapitel 2.3). **Das Risiko ist also höher, wenn bei der Berechnung der Dosis von einem Aufenthalt über 2.000 Stunden im Jahr statt einem ganzjährigen Aufenthalt ausgegangen wurde.**

2.2.3. Anforderungen der Entsorgungskommission im Stresstest für Einrichtungen der Ver- und Entsorgung

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: „*Vergleich der Situation in Braunschweig mit Anforderungen der Stellungnahme der Entsorgungskommission (ESK), dem Stress-test für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland. In der ESK-Stellungnahme werden für Anlagen und Einrichtungen der Gruppe II verschiedene Empfehlungen gegeben (insbesondere genauere Bewertung, falls ein Mindestabstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung von 350 m unterschritten wird; Minimierung von Brandlasten in Zwischenlagern; bevorzugte Zwischenlagerung von konditionierten Abfällen etc.). Es erfolgt eine Beurteilung der Situation hinsichtlich des Risikos in Braunschweig auf dieser Basis.*“

Die ESK hat in /ESK 2013/ aus Anlass des Unfalls im japanischen Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi einen Stresstest für Anlagen der Ver- und Entsorgung in Deutschland durchgeführt. Dabei wurden wegen der Einbeziehung von Konditionierungsanlagen und Zwischenlagern, deren genehmigtes Inventar das 10^7 -fache der Freigrenzen (Gesamtaktivität nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 StrlSchV) für offene radioaktive Stoffe oder das 10^{10} -fache der Freigrenzen für umschlossene radioaktive Stoffe überschreitet, auch Betrachtungen zur EZN am Standort Braunschweig-Thune vorgenommen.

Die Bewertung im Stresstest erfolgte anhand von folgenden typisierten Schadensbildern:

- thermische Einwirkungen durch einen länger andauernden Brand,

- mechanische Einwirkungen auf Abfallgebände, wobei hier zwischen einer punktförmigen und einer großflächigen Einwirkung mit unterschiedlichem Energieeintrag unterschieden wurde, und
- Einwirkungen von Wasser infolge einer Flutwelle oder Überflutung, wobei auch der Ausfall von Medien wie der Stromversorgung in die Untersuchungen einbezogen wurde.

Unter den thermischen und mechanischen Einwirkungen wurde von der ESK auch der Absturz einer schnellfliegenden Militärmaschine betrachtet.

Die radiologischen Folgen wurden auf der Basis von typisierten Behälterinventaren und typisierten Nuklidvektoren abgeschätzt. Als Maßstab galt, dass der Eingreifrichtwert für eine Evakuierung am Ort der nächstgelegenen Wohnbebauung unterschritten sein soll. Dieser Eingreifrichtwert beträgt 100 mSv effektive Dosis in 7 Tagen durch äußere Bestrahlung sowie der effektiven Folgedosis durch in diesem Zeitraum eingeatmete Radionuklide. Es wird dabei ein durchgängiger Aufenthalt im Freien unterstellt. Der Eingreifrichtwert beruht auf den „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden“ der Strahlenschutzkommission, die im Februar 2014 - unter Beibehaltung der Eingreifrichtwerte - überarbeitet wurden /SSK 2014/. Die Eingreifrichtwerte gemäß /SSK 2014/ sind auch in „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit“ /BMU 2008/ festgelegt.

Im generischen Ansatz der ESK wurden zwei Gruppen von Anlagen und Einrichtungen unterschieden:

- Gruppe I: Anlagen und Einrichtungen mit Nuklidvektoren, die für Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren sowie aus diesen herrührenden Abfällen typisch sind,
- Gruppe II: Anlagen und Einrichtungen mit Nuklidvektoren, die davon deutlich abweichen können (Zwischenlager in Forschungseinrichtungen, soweit nicht im Wesentlichen Abfälle aus Reaktoren gelagert werden), Zwischenlager der kerntechnischen Industrie, Landessammelstellen sowie Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle (für Eigenbedarf und Dritte) (soweit nicht im Wesentlichen Abfälle aus Reaktoren bearbeitet werden). Unter diese Rubrik wurde von der ESK auch die EZN am Standort Braunschweig-Thune subsummiert (siehe Tabelle der betrachteten Anlagen und Einrichtungen nach Kategorien im Anhang der ESK-Empfehlung).

Zusammenfassend kam die ESK /ESK 2013, S. 28/ zu folgendem Ergebnis:

„Bei thermischen Einwirkungen wird der Eingreifrichtwert für die Evakuierung ab einer Distanz von 100 m bei allen hier betrachteten Anlagen und Einrichtungen unterschritten. Bei punktförmigen mechanischen Einwirkungen wird der Eingreifrichtwert für die Evakuierung ab einer Distanz von 100 m bei Anlagen und Einrichtungen der Gruppe I (Zwischenlager und Konditionierungseinrichtungen, in denen vor allem mit Abfällen aus Kernkraftwerken umgegangen wird) eingehalten, bei Anlagen und Einrichtungen der Gruppe II (Zwischenlager und Konditionierungseinrichtungen, in denen im Wesentlichen mit Abfällen aus Forschungseinrichtungen und der kerntechnischen Industrie umgegangen wird, sowie Landessammelstellen) ab einer Distanz von 350 m.

Durch eine Überflutung der Anlagen und Einrichtungen oder durch eine Flutwelle sind keine radiologischen Auswirkungen möglich, bei denen die Eingreifrichtwerte für eine Evakuierung in der Umgebung überschritten werden können. Unabhängig davon sollte aber ein Fortspülen von Gebinden mit radioaktiven Abfällen bei einer Flutwelle verhindert werden.

Solange im Einzelfall bei den zu betrachteten Anlagen und Einrichtungen die Modellannahmen für die tatsächlichen Verhältnisse abdeckend sind, sind auch die hier ermittelten radiologischen Konsequenzen abdeckend. Sofern im Einzelfall beispielsweise höhere Brandlasten oder höhere Inventare dosisrelevanter Radionuklide vorliegen, so wären auch höhere Freisetzungen radioaktiver Stoffe möglich. Ein sprunghafter Anstieg einer solchen Freisetzung im Sinne eines cliff-edge-Effektes ist aber bei den hier betrachteten typisierten Schadensbildern nicht möglich.“

Wichtiges Kriterium im Rahmen des ESK-Stresstests ist – bezogen auf die Gruppe II, zu der auch EZN zählt - daher, ob der Abstand zur nächsten Wohnbebauung mindestens 350 m beträgt. Dieses Kriterium ist bei EZN in Braunschweig-Thune nicht erfüllt, da Betriebsgebäude deutlich näher an einer Wohnbebauung liegen (siehe Kapitel 2.2.1).

Die ESK hat den zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden empfohlen, für die in ihre Zuständigkeit fallenden Anlagen und Einrichtungen die folgenden Aspekte überprüfen:

- *„Bei den hier durchgeführten Betrachtungen ist die ESK von möglichst abdeckenden Erfahrungswerten in Bezug auf die jeweiligen Behälterinventare ausgegangen. Bei einigen Anlagen und Einrichtungen lässt die Genehmigungssituation jedoch höhere gebindespezifische Inventare oder Gesamtinventare an radioaktiven Stoffen zu. Die ESK empfiehlt daher, bei diesen Anlagen und Einrichtungen zu überprüfen, ob die Auswirkungen der postulierten mechanischen und thermischen Lasten für die konkrete Anlagen- und Genehmigungssituation ebenfalls so begrenzt sind, so dass keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich werden. Dabei können statt der hier verwendeten abdeckenden Parameter auch die für den Standort genehmigten/zulässigen berücksichtigt werden.“*
- *Aus den hier durchgeführten Betrachtungen der ESK (siehe ...) ergeben sich Mindestabstände von Lagergebäuden zur nächsten Wohnbebauung von 100 m (Gruppe I) bzw. 350 m (Gruppe II). Sofern die konkreten Verhältnisse bei einer Anlage oder Einrichtung geringere Mindestabstände aufweisen, wäre die Untersuchung durch anlagenspezifische Modellierungen zu vertiefen.*
- *Überprüfung, ob in der jeweiligen Anlage oder Einrichtung massivere großflächige mechanische Einwirkungen als im Stresstest unterstellt (hier der Absturz eines Dachbinders von 20 Mg Masse aus 10 m Höhe) möglich sind.*
- *Ziel sollte immer sein, dass einschneidende Maßnahmen des Katastrophenschutzes nicht erforderlich werden.“*

Auf einige Anlagen und Einrichtungen hat die ESK beispielhaft hingewiesen, um deutlich zu machen, welchen Überprüfungsbedarf die ESK für bestimmte Fälle sieht. Dazu zählten auch Anlagen und Einrichtungen am Standort Braunschweig-Thune:

„Am Standort Braunschweig betreibt die Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH Konditionierungseinrichtungen für radioaktive Abfälle. Diese Anlagen und Einrichtungen wurden in den ESK-Stresstest mit einbezogen. Am gleichen Standort werden durch die GE Healthcare Buchler GmbH & Co. KG aber auch Radiopharmaka in einer Einrichtung hergestellt, die – da sie keine Entsorgungsfunktion hat – nicht unter den ESK-Stresstest fällt. Die Möglichkeit des Zusammenwirkens von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus diesen Anlagen und Einrichtungen war daher von der ESK nicht zu untersuchen, sollte aber durch die zuständige Behörde betrachtet werden.“

Die ESK hat die Situation am Standort Braunschweig-Thune demnach als durch die zuständige Behörde weiter zu überprüfend eingestuft. Dies liegt zum Einen an der Nähe der Firma EZN zur Wohnbebauung, die deutlich geringer als 350 m ist, zum Anderen an der Möglichkeit des Zusammenwirkens mit der Firma GE, die im Stresstest der ESK nicht betrachtet wurde. Eine weitere

Überprüfung wurde auch deshalb als wichtig angesehen, da die Untersuchungen der ESK generischer Natur waren⁴.

Ob eine entsprechende Überprüfung durch die zuständige Behörde schon durchgeführt bzw. abgeschlossen wurde und zu welchen Ergebnissen sie ggf. geführt hat, ist nicht bekannt.

In den Untersuchungen des ESK-Stresstests wurde die als Maßstab gewählte Dosis (Eingreifrichtwert für die Evakuierung) ab 350 m unterschritten. In einer Entfernung von 50 m wäre die Dosis etwa 5,7fach höher als in 350 m Entfernung, in 200 m Entfernung etwa 2fach höher als in 350 m Entfernung, in 250 m Entfernung etwa 1,8fach höher als in 350 m Entfernung und in 300 m Entfernung etwa 1,4fach höher als in 350 m Entfernung. **Nach den Ergebnissen des ESK-Stresstests könnte demnach der Eingreifrichtwert für die Evakuierung an der nächsten Wohnbebauung etwa um einen Faktor 6 überschritten werden.**

2.2.4. Risiken durch Flugzeugabstürze

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Bewertung von Risiken durch Flugzeugabstürze, insbesondere im Hinblick auf den ‚Forschungsflughafen Braunschweig‘ und auf Basis von im Stresstest der ESK (siehe oben) betrachteten Szenarien und deren Schadensausmaß.“*

Der ESK-Stresstest /ESK 2013/ hat gezeigt, dass äußere Einwirkungen wie ein Flugzeugabsturz maßgeblich für mögliche hohe Freisetzungen radioaktiver Stoffe sind. Bei einer solchen Einwirkung kommt es zum Einen zu einer mechanischen Zerstörung. Durch diese können Barrieren, die radioaktive Stoffe zurückhalten sollen, zerstört und radioaktive Stoffe freigesetzt werden. Zum Anderen ist ein Austritt von Kerosin und ein Brand möglich, wodurch zusätzlich radioaktive Stoffe mobilisiert und freigesetzt werden.

Das Risiko eines - nicht absichtlich herbeigeführten – Flugzeugabsturzes ist dort am höchsten, wo Start- und Landevorgänge stattfinden. In großer Entfernung von Flughäfen ist das Risiko dagegen deutlich geringer. In Braunschweig gibt es den Flughafen Braunschweig-Wolfsburg mit der Forschungsflughafen Braunschweig GmbH, dessen Mitte etwa 3,5 km Luftlinie in südöstlicher Richtung vom Gewerbestandort in Braunschweig-Thune entfernt liegt. Das westliche Ende der Start- und Landebahn liegt etwa 2,7 km Luftlinie vom Gewerbestandort entfernt. Flugrouten vom Flughafen Braunschweig-Wolfsburg weisen auch in westliche und nördliche Richtungen. Unabhängig von der genauen Lage der Flugrouten ist daher von einer gegenüber dem mittleren Wert erhöhten Flugzeugabsturzrisiko auszugehen, da Flugzeuge in der Start- und Landephase die Nähe des Gewerbestandorts in Braunschweig-Thune passieren können. Ein erhöhtes Risiko durch Flugzeugabsturz besteht auch noch neben einer festgelegten Flugroute, da diese (insbesondere durch ein in technische Schwierigkeiten geratenes oder abstürzendes Flugzeug) verlassen werden kann.

Die Forschungsflughafen Braunschweig GmbH verfügt über 11 Versuchsflugzeuge, darunter ein Airbus A320 (Advanced Technology Research Aircraft, ATRA) und 16 Simulatoren für *„Europas größtes ziviles Erprobungszentrum“* /FFB 2014/. Durch das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) werden vom Flughafen Braunschweig-Wolfsburg Flugversuche durchgeführt. Am 10. Juni 2014 hat das DLR beispielsweise folgende Mitteilung auf seiner Internetseite veröffentlicht:

⁴ Die Umgangsgenehmigungen lassen einen breiten Raum für die konkreten Umgang mit bestimmten Radionukliden zu. Die Definition eines abdeckenden Szenarios, das noch im Rahmen der Umgangsgenehmigungen zulässig wäre, und zu den höchstmöglichen Strahlenexpositionen im Normalbetrieb oder bei Stör- und Unfällen führen würde, wäre nicht zielführend, da dies an der heutigen und auch zukünftig zu erwartenden Realität vorbei ginge.

„Das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) wird vom 13. Juni bis zum 24. Juli 2014 verschiedene Forschungsflüge inner- und außerhalb der Region Braunschweig durchführen. Dazu wird das DLR-Forschungsflugzeug A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) im genannten Zeitraum mehrere Low Approaches, also tiefe Anflüge, fliegen. Hierbei wird der Landeanflug zwar eingeleitet, zu einer Landung kommt es aber nicht, da das Flugzeug für weitere Anflüge wieder durchstartet. In diesem Zusammenhang wird es auch zu mehreren tiefen Überflügen in der Umgebung des Flughafens Braunschweig-Wolfsburg kommen.“

Bei solchen Versuchen und tiefen Überflügen ist von einem höheren Risiko für einen Absturz auszugehen, als bei routinemäßiger Abwicklung des Flugverkehrs.

Der Flughafen Braunschweig-Wolfsburg stellt ein besonderes Risiko im Hinblick auf einen Flugzeugabsturz auf Gebäude der Gewerbebetriebe am Standort Braunschweig-Thune und Freisetzungen von radioaktiven Stoffen dar.

2.2.5. Risiken von Straßentransporten radioaktiver Stoffe

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: „Betrachtung des Restrisikos unter Berücksichtigung von Straßentransporten vor allem durch die Wohngebiete und daraus abzuschätzende Strahlenrisiken“.

Wesentliche Anforderungen an die Versandstücke und die Beförderung radioaktiver Stoffe sind in den ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route) sowie Gefahrgutverordnungen für verschiedene Verkehrsträger festgelegt.

Die meisten Versandstücke mit radioaktiven Stoffen, die in Wissenschaft, Medizin und Technik angewendet werden, sind sogenannte freigestellte Versandstücke im Sinne der ADR. Für die Beförderung eines radioaktiven Stoffes als "freigestelltes Versandstück" müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein, wie die Unterschreitung maximaler nuklidspezifischer Aktivitäten, die Geeignetheit der Verpackung und die äußere Kontaminationsfreiheit. Außerdem darf die Dosisleistung an irgendeiner Stelle der Außenseite des Versandstücks 5 $\mu\text{Sv/h}$ nicht überschreiten. Da mehrere Versandstücke gleichzeitig befördert werden können ist zusätzlich die Dosisleistung am Fahrzeug begrenzt. Nach ADR, Teil 7 Kapitel 7.5.11 (3.3) darf die Dosisleistung unter Routine-Beförderungsbedingungen auf der Außenfläche des Fahrzeugs an keinem Punkt 2 mSv/h und in einem Abstand von 2 m an keinem Punkt 0,1 mSv/h überschreiten.

Die Zahl der Transporte von und nach Braunschweig-Thune ist nicht bekannt und kann auch je nach Ausschöpfungsgrad der Umgangsgenehmigungen sowie unabhängig davon nach oben und unten variieren. Bei manchen Produkten (Radionuklide mit Halbwertszeiten von mindestens einigen Tagen) lassen sich Transportchargen zusammenfassen, bei anderen mit sehr kurzlebigen Halbwertszeiten ist eine schnelle und direkte Auslieferung erforderlich.

Die durch Transporte höchstexponierten Personen der Bevölkerung sind Anwohner und Passanten, die sich an einer Beförderungsstrecke im Bereich, wo die Transporte gebündelt verlaufen, aufhalten (zu den Transportwegen siehe Kapitel 2.2.1). Konservativ wird nachfolgend unterstellt, dass sich eine Person arbeitstäglich zweimal bei Vorbeifahrt eines Transports radioaktiver Stoffe am Straßenrand befindet. Die Vorbeifahrt soll jeweils in 2 m Abstand mit etwa 50 km/h erfolgen. Bei jedem zehnten Transport soll es zu einem Halt in 2 m Abstand von der Person für die Dauer von zehn Minuten (z. B. Halt an einer Tankstelle) kommen. Insgesamt ist die betrachtete Person dann jährlich durch 234 Vorbeifahrten und 26 Halte exponiert.

Von einer regelmäßigen Ausschöpfung der zulässigen Dosisleistung am Fahrzeug nach ADR (0,1 mSv/h in 2 m Abstand) ist bei der hier zu betrachtenden Art von Transporten nicht auszugehen; Erfahrungswerte mittlerer Dosisleistungen liegen mehrere Größenordnungen darunter. Konservativ gehen wir nachfolgend von einer Ausschöpfung der nach ADR zulässigen Dosisleistung von im Mittel 10 % aus. Es ergibt sich dann eine effektive Dosis in Höhe von $1,15 \cdot 10^{-6}$ mSv bei einer Vorbeifahrt und eine effektive Dosis in Höhe von $1,67 \cdot 10^{-3}$ mSv bei einem Halt. Insgesamt über ein Jahr beträgt die effektive dann 0,044 mSv, davon 0,043 mSv durch die zehninütigen Halte neben der exponierten Person. Auf das damit verbundene Risiko wird in Kapitel 2.3 eingegangen.

2.3. Gesundheitsrisiken

Die auftragsgemäß zu untersuchende Fragestellung lautet: *„Einschätzung des Krebsrisikos bei langandauernder Exposition in Höhe der Dosisgrenzwerte der StrlSchV sowie bei langandauerndem Aufenthalt in der Nähe der Gewerbebetriebe, einschließlich nach Stör- und Unfällen. Hierbei wird primär Bezug auf die Risikoeffizienten der Empfehlungen der ICRP genommen. Es erfolgt eine Diskussion und Bewertung der Unsicherheiten sowohl von Dosisabschätzungen wie auch der Risikoeffizienten.“*

Von der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) wird in ihrer Publikation /ICRP 2007/ das Risiko ionisierender Strahlung auf 5,7 % pro Sievert (bzw. $5,7 \cdot 10^{-5}$ /mSv) beziffert. Das Risiko bezieht sich auf tödlich verlaufende Krebserkrankungen unter gewichteter Einbeziehung von nicht tödlich verlaufenden Krebserkrankungen sowie auf genetische Schäden. Außerdem bezieht es sich auf Personen der Bevölkerung, so dass auch die Exposition im Kindesalter mit berücksichtigt ist. Der so ermittelte Risikoeffizient wird von der ICRP als „detriment-adjustierter nomineller Risikoeffizient“ bezeichnet.

Die Risikowerte sind naturgemäß mit Unsicherheiten verbunden. Der Bezug auf den Risikoeffizienten der ICRP ist hier als Beispiel zu verstehen. Es gibt auch andere internationale Gremien, die solche Risikowerte angeben. Diese weichen von einander ab, wobei die Abweichungen aber nicht so groß sind, dass sie zu einer völlig anderen Risikoeinschätzung führen könnten.

In Tabelle 1 sind verschiedene Risiken auf der Basis des Risikoeffizienten der ICRP zusammengestellt. Ein Risiko von 1:10.000 bedeutet dabei beispielsweise, dass unter 10.000 Personen mit entsprechender Dosis eine Person später an Krebs sterben wird (oder im Sinne des Risikoeffizienten gewichtet an Krebs erkranken bzw. ein genetischer Schaden bei Nachkommen eintreten wird).

Tabelle 1: Strahlenrisiken in verschiedenen Szenarien der Exposition (alle Dosisangaben beziehen sich auf die effektive Dosis)

Szenario	Risiko
Exposition in Höhe der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung	
Dosis 1 mSv (Jahresgrenzwert für die Bevölkerung gemäß § 46 StrlSchV)	1:17.500 pro Jahr
Dosis 0,3 mSv (Jahresgrenzwert für die Bevölkerung durch Ableitungen mit Abluft oder Abwasser gemäß § 47 StrlSchV)	1:58.500 pro Jahr
Dosis 50 mSv (Störfallplanungswert nach § 50 StrlSchV)	1:350 insgesamt bis zum 70. Lebensjahr
Dosis 0,01 mSv (De-minimis-Dosis für die Freigabe nach § 29 StrlSchV)	1:1.750.000 pro Jahr
Exposition bei Szenarien in Zusammenhang mit den Firmen am Standort Braunschweig-Thune	
Aufenthalt am Zaun über 52 Stunden im Jahr (0,026 mSv, siehe Kapitel 2.2.2)	1:670.000 pro Jahr
Exposition durch vorbeifahrende und haltende Straßen-transporte (0,044 mSv/a, siehe Kapitel 2.2.5)	1:400.000 pro Jahr
Vergleich mit anderen Strahlenrisiken	
mittlere natürliche Dosis in Deutschland	1:7.300 pro Jahr
mittlere Dosis durch Anwendung von radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung in der Medizin (ohne Therapie) ⁵	1:9.200 pro Jahr
Flug Frankfurt-Rom ⁶	1:2.900.000 bis 1:5.800.000 je Flug
Flug Frankfurt-Las Palmas de Gran Canaria	1:970.000 bis 1:1.750.000 je Flug
Flug Frankfurt- San Francisco oder Tokyo	1:160.000 bis 1:390.000 je Flug

Das Risiko für eine Person, die eine Dosis in Höhe des Werts, ab dem eine Evakuierung (100 mSv) erfolgen würde, beträgt 1:175. Solche Dosen wären nach den Ergebnissen des ESK-Stresstests in der Umgebung des Standorts Braunschweig-Thune möglich. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines entsprechenden Unfalls ist aber in diesem Risiko nicht enthalten und auch ohne aufwändige Untersuchungen nicht angebar. Das Risiko, durch einen schweren Unfall zu einem radiologischen Schaden zu kommen ist aber sicher insgesamt deutlich geringer als der auf die Folgedosis bezogene Risikowert. Wegen der fehlenden Vergleichbarkeit wurde dieses Risiko daher nicht in die Tabelle 1 aufgenommen.

Zum Vergleich mit dem Risiko durch natürliche Strahlung ist anzumerken, dass es beim Bezug auf die Einheit Sievert und das Konzept der effektiven Dosis keinen Unterschied in der Wirkung von künstlicher und natürlicher Strahlung oder in der Wirkung von in den Körper aufgenommenen Radionukliden und äußerer Bestrahlung gibt. Das gleiche gilt für Strahlenexpositionen durch die medizinische Diagnostik.

Zu den in Tabelle 1 aufgeführten Risiken durch Ableitungen radioaktiver Stoffe, die sich auf die Ausschöpfung des Dosisgrenzwerts beziehen, ist anzumerken, dass die Annahmen bei der Be-

⁵ Effektive Dosis im Mittel über die Bevölkerung Deutschlands etwa 1,9 mSv /BMU 2013/. Da es sich um einen Mittelwert handelt, bei dem der größte Teil der Personen, über die gemittelt wird, keiner medizinischen Exposition ausgesetzt sind, wäre das Risiko der tatsächlich exponierten Personen deutlich höher.

⁶ Die Flugdosen (effektive Dosis durch Höhenstrahlung) hängen hauptsächlich von Einflüssen des Sonnenzyklus und der Flughöhe ab; Risiko berechnet nach Dosisangaben gemäß /BfS 2014/)

rechnung der Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung extrem konservativ sind, so dass realistische Dosen und Risiken deutlich geringer sind als die, die sich aus den im Genehmigungsverfahren berechneten Dosen ergeben. Zur Konservativität tragen vor allem folgende Annahmen bei:

- Daueraufenthalt im Freien an der ungünstigsten Einwirkungsstelle,
- ausschließlicher Verzehr von an der ungünstigsten Einwirkungsstelle gewonnenen Lebensmitteln,
- als Verzehrtrate das 95. Perzentil der Verzehrtraten in Deutschlands, aber summiert für alle Lebensmittelgruppen.

Diese Risikobetrachtungen umfassen über den Grenzwert von 0,3 mSv/a für die Bevölkerung durch Ableitungen mit Abluft oder Abwasser gemäß § 47 StrlSchV auch Ableitungen, die in die Kanalisation oder einen Vorfluter erfolgen. Eine besondere Kontamination des Mittellandkanals ist auch bei Stör- und Unfällen nicht zu erwarten, da für anfallende radioaktive Wässer einschließlich Löschwasser von Auffangeinrichtungen oder sonstigen Rückhaltemöglichkeiten ausgegangen werden kann. Ein zusätzliches Einbringen von Wasser in sehr großen Mengen wie beim Kernkraftwerksunfall in Fukushima-Daiichi ist nicht erforderlich, da bei den Betrieben am Standort Braunschweig-Thune keine Notwendigkeit zur Kühlung in diesem Umfang besteht.

An Standorten kerntechnischer Anlagen sind in der Vergangenheit in einzelnen Fällen Kontaminationen von Erdreich eingetreten. Der Grund waren meist erdverlegte Leitungen oder unterirdische Behälter, die Leckagen hatten. Solche Freisetzungen fallen nicht unter die Bestimmungen des § 47 StrlSchV. Bei Erkennung solcher Kontaminationen am Standort müssten Maßnahmen gegen die weitere Ausbreitung zur Verhinderung einer Exposition von Personen der Bevölkerung getroffen werden. Bei einer Sanierung wäre das Sanierungsziel die Einhaltung der de-minimis-Dosis in Höhe von 10 μ Sv/a (0,01 mSv/a) für Personen der Bevölkerung. Eine besondere Gefährdung der Bevölkerung auf diesem Wege ist daher nicht zu unterstellen.

3. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Ein Umgang mit radioaktiven Stoffen ist auch bei Einhaltung der Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung mit Risiken verbunden, da eine Wirkungsschwelle der ionisierenden Strahlung nicht bekannt ist. Zu Strahlenschutz Zwecken wird daher gemeinhin davon ausgegangen, dass jede noch so geringe Dosis zu einem zusätzlichen – wenn auch ggf. kleinem - Risiko führt.

Die Risiken von Personen der Bevölkerung am Standort Braunschweig-Thune beruhen vor allem auf der Nähe des Umgangs mit radioaktiven Stoffen zur Wohnbebauung. Dadurch nimmt die Wahrscheinlichkeit tatsächlicher Expositionen

- durch Direktstrahlung bei Aufenthalt in der Nähe der Einrichtungen,
- durch im Normalbetrieb oder bei Stör- und Unfällen freigesetzte radioaktive Stoffe sowie
- durch den An- und Abtransport radioaktiver Stoffe durch die Wohngebiete

zu. Ein erhöhtes Risiko durch Flugzeugabsturz ergibt sich aus der Nähe zum Flughafen Braunschweig-Wolfsburg sowie seiner Nutzung für Versuchsflüge.

Die Nähe der Wohnbebauung wurde 2013 auch im ESK-Stresstest für Ver- und Entsorgungsanlagen aufgegriffen und weitere Überprüfungen durch die zuständigen Behörden gefordert.

Die Betriebe am Standort Braunschweig-Thune sind daher als Betriebe anzusehen, die ein zusätzliches Risiko für Anwohner darstellen, das nicht als irrelevant abgetan werden kann.

Literaturverzeichnis

- AVV 2012 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen) vom 28.08.2012 (BAnz AT 05.09.2012 B1)
- BfS 2014 Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Information auf der Internetseite, <http://www.bfs.de/de/ion/anthropg/flugpassagiere.html>
- BMU 2008 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen vom 27. Oktober 2008, RdSchr. d. BMU v. 27.12.2008 - RS II 5 - 15930-1/3 - (GMBI. 2008, Nr. 62/63, S. 1278)
- BMU 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung – Jahresbericht 2011. Bonn, Juli 2013
- ESK 2013 Entsorgungskommission (ESK): ESK-Stresstext für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland, Teil 2: Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, stationäre Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle. Stellungnahme der Entsorgungskommission, revidierte Fassung vom 18.10.2013
- EU 2013 Rat der Europäischen Union: Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. Amtsblatt der Europäischen Union, L 13 S. 1ff vom 17.1.2014
- FFB 2014 Forschungsflughafen Braunschweig GmbH: Zukunft startet hier. Flyer, http://www.forschungsflughafen.de/cms/media/seitenelemente_service/201310_Flyer_deutsch.pdf
- ICRP 2007 International Commission on Radiological Protection (ICRP): The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. Annals of the ICRP Volume 37(2-4), ISBN 13: 978-0-377020-3048-2, Elsevier, 2007
- Kaatsch 2007 P. Kaatsch et al.: Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie). Mainz 2007
- NLWKN 2012a Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN): Ergänzende Überwachung nach § 48 StrlSchV am Standort Braunschweig, Gieselweg 1 – Firma Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH, Gieselweg 1, 38110 Braunschweig. Jahresbericht 2012
- NLWKN 2012b Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN): Ergänzende Überwachung nach § 48 StrlSchV am Standort Braunschweig, Gieselweg 1 – Firma GE Healthcare Buchler GmbH & Co KG, Gieselweg 1, 38110 Braunschweig. Jahresbericht 2012

- SSK 2008 Strahlenschutzkommission (SSK): Bewertung der epidemiologischen Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie). Stellungnahme der SSK, Berichte der SSK Heft 57 (2008)
- SSK 2009 Strahlenschutzkommission (SSK): Bewertung der epidemiologischen Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie). Wissenschaftliche Begründung zur Stellungnahme der SSK, Berichte der SSK Heft 58 (2009)
- SSK 2014 Strahlenschutzkommission (SSK): Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden, Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verbabschiedet in der 268. Sitzung der SSK am 13./14. Februar 2014