



Ausarbeitung

Strahlungsmessungen am Transportbehälterlager Gorleben

Zur Einordnung bisher bekannt gewordener Messwerte

Daniel Lübbert

Strahlungsmessungen am Transportbehälterlager Gorleben

Zur Einordnung bisher bekannt gewordener Messwerte

Verfasser/in: Dr. Daniel Lübbert (Dipl.-Phys.)
Aktenzeichen: WD 8 – 3010 – 144/2011
Abschluss der Arbeit: 14.11.2011 (aktualisierte Fassung vom 17.11.2011)
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit,
Bildung und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1.	Aktuelle Motivation und Zielsetzung	4
1.2.	Das Transportbehälterlager Gorleben	5
2.	Naturwissenschaftlicher Kurzhintergrund	6
2.1.	Strahlungsarten	6
2.2.	Messgrößen und Maßeinheiten	6
2.3.	Dosimetrie vs. Spektrometrie	7
2.4.	Zeitaufgelöste vs. zeitlich integrierende Messungen	8
3.	Sachstand 2011: Akteure und Messungen	9
3.1.	Genehmigung des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS)	9
3.2.	Umgebungsüberwachung durch die GNS als Betreiber	10
3.3.	NLWKN als unabhängige Messstelle	10
3.4.	Messungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)	12
3.5.	Berechnungen des TÜV Nord	14
4.	Zur Auswertung und Interpretation der Daten	16
4.1.	Betrachtungen zur Kausalität und örtlichen Herkunft	16
4.2.	Sonderproblematik Sky-Shine	18
4.3.	Betrachtungen zur Variabilität und zur zeitlichen Einordnung	19
4.4.	Schlussfolgerungen des NMU	19
4.5.	Schlussfolgerungen von Greenpeace	20
4.6.	Vergleich und Bewertung	21
5.	Fazit	23
6.	Quellen und Literatur	24

1. Einleitung

1.1. Aktuelle Motivation und Zielsetzung

Am niedersächsischen Standort Gorleben befindet sich nicht nur das Erkundungsbergwerk Gorleben¹, mit dessen Betrieb der dortige Salzstock auf seine Eignung als zukünftiges Endlager für hochradioaktive bzw. wärmeentwickelnde Abfälle geprüft werden soll. Vielmehr befinden sich am gleichen Standort auch weitere Anlagen, die der nuklearen Entsorgung dienen. Hierzu zählt auch das Transportbehälterlager Gorleben (Abk.: TBL Gorleben bzw. TBL-G), in dem abgebrannte Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken und radioaktive Abfälle aus deren Wiederaufarbeitung in CASTORen und ähnlichen Behältern überirdisch gelagert werden. Sinn dieser Zwischenlagerung ist es, die Wärmeentwicklung der Abfälle im Laufe einiger Jahrzehnte so weit abklingen zu lassen, dass ihre Temperatur danach für eine unterirdische Endlagerung geeignet ist.

Die eingelagerten Abfälle sind radioaktiv, d.h. es finden darin weiterhin atomare Zerfallsprozesse statt, wobei auch radioaktive Strahlung entsteht. Diese Strahlung wird zwar von den Behältern wie auch von der Lagerhalle abgeschirmt, kann jedoch zu einem (kleinen) Teil auch aus der Lagerhalle entweichen und evtl. über die Grenzen des Lagergeländes hinaus gelangen. Um zu verhindern, dass dort sich aufhaltende Lebewesen einer übermäßigen Strahlenbelastung ausgesetzt werden, sind genaue Grenzwerte definiert, deren Einhaltung mit regelmäßigen Messungen überwacht wird.

Im Sommer 2011 erklärte eine der mit den Messungen befassten Institutionen (NLWKN, s.u.), dass es aufgrund der von ihr in der ersten Jahreshälfte vorgenommenen Messungen nicht auszuschließen sei, dass im Laufe der zweiten Jahreshälfte 2011 der für das Gesamtjahr geltende Strahlungs-Grenzwert überschritten würde. Die Verantwortlichen beauftragten daraufhin u.a. die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) mit einer gesonderten Messung, die im September 2011 vor Ort durchgeführt wurde.

Die Messungen der PTB selbst scheinen allgemein anerkannt zu werden. Jedoch ist ein politischer Streit über die Frage entbrannt, wie sie zu interpretieren sind, wie der Zusammenhang mit den zuvor gemachten Messungen anderer Institutionen zu bewerten ist, und welche politischen Schlussfolgerungen aus dem Vergleich zu ziehen sind. So erklärte das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU): „Auch nach der Einlagerung von elf weiteren Behältern wird folglich der Genehmigungswert von 0,3 mSv pro Jahr für das TBL sicher unterschritten. Aus Sicht des Niedersächsischen Umweltministeriums liegen daher keine Hinweise vor, die gegen die Erteilung der Zustimmung zur CASTOR-Einlagerung sprächen“². Die Umweltschutzorganisation Greenpeace hingegen erklärte, das NMU habe bei der Bewertung der PTB-Messungen Rechenfehler gemacht³. Es bestehe der Verdacht, „dass die Strahlenwerte schön gerechnet wur-

1 Vgl. http://www.bfs.de/de/endlager/erkundungsbergwerk_gorleben bzw. http://www.mu1.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=2367&article_id=9070&psmand=10

2 http://www.mu1.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=2147&article_id=100127&psmand=10

3 www.greenpeace.de/themen/atomkraft/nachrichten/artikel/no_go_gorleben_greenpeace_entlarvt_rechenfehler/

den, um weiterhin unbeirrt an dem diesjährigen Castortransport festzuhalten“⁴. Greenpeace-Analysten veröffentlichten eine eigene Auswertung der bekannt gewordenen Messwerte, aus der sie im Gegensatz zum NMU folgerten, dass „der Genehmigungsgrenzwert in diesem Jahr für das Zwischenlager in Gorleben höchst wahrscheinlich überschritten“ werde⁵.

Zweck der folgenden Darstellung ist es, mit Bezug auf die geschilderte Kontroverse – die über die Landespolitik hinaus zahlreiche bundespolitische Bezüge aufweist und auch den Bundestag⁶ erreicht hat – Hintergrundinformationen zusammenzutragen, die dem Leser eine fundierte Meinungsbildung erleichtern sollen. Keinesfalls soll eine abschließende Bewertung zum Dissens zwischen NMU und Greenpeace abgegeben werden – dies wäre aus der Ferne bzw. ohne genaue Kenntnis aller Messdaten ohnehin kaum möglich. Vielmehr soll allein der Versuch unternommen werden, einige fachliche Hintergründe transparent zu machen.

1.2. Das Transportbehälterlager Gorleben

Die Betreibergesellschaft GNS⁷ beschreibt das Transportbehälterlager Gorleben auf ihrer Internetseite⁸ u.a. wie folgt:

- „Seit 1995 werden hier ausgediente Brennelemente aus Kernkraftwerken zwischengelagert, die für den Entsorgungsweg der Direkten Endlagerung vorgesehen sind. Das TBL-G ist darüber hinaus das einzige Zwischenlager in Deutschland, das über eine Genehmigung zur Aufbewahrung von verglasten hochradioaktiven Abfällen, den sogenannten HAW-Glaskokillen, verfügt. 1996 wurden die ersten HAW-Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente in Frankreich in das TBL-G transportiert. Insgesamt müssen aus Frankreich 108 Behälter mit jeweils 28 Glaskokillen zurückgenommen werden. Später kommen noch ca. 20 CASTOR-Behälter mit Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente in England hinzu, so dass ca. 130 Behälter mit Glaskokillen in Gorleben zwischengelagert werden. Mit dem Transport vom November 2010 erhöhte sich die Anzahl der Großbehälter auf nunmehr 102, davon 97 mit Glaskokillen. Brennelemente und Glaskokillen werden in den speziell dafür entwickelten Behältern im Zwischenlager Gorleben aufbewahrt, um abzukühlen. Danach werden diese an das vom Bund bereitzustellende Endlager abgegeben“.

4

http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/nachrichten/artikel/greenpeace_will_aktien_der_strahlenmessungen_in_gorleben_einsehen/

5

www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/atomkraft/GP_Analyse_Strahlenmessung_final3.pdf

6

Vgl. BT-Drs. 17/6947, 17/7136, 17/7325, 17/7465, 17/7581, 17/7634, 17/7677 sowie diverse Ausschussdrucksachen des Umweltausschusses.

7

Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, ein auf Dienstleistungen im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen spezialisiertes Unternehmen, zu dessen Gesellschaftern die Unternehmen E.ON Kernkraft, RWE Power sowie Vattenfall Europe gehören (vgl. <http://www.gns.de/>).

8

<http://www.gns.de/language=de/2468/transportbehaelterlager-gorleben-tbl-g>

2. Naturwissenschaftlicher Kurzhintergrund

2.1. Strahlungsarten

Bei radioaktiven Zerfallsprozessen können verschiedene Arten von ionisierender Strahlung freigesetzt werden. Die geläufigsten werden klassischerweise nach den Anfangsbuchstaben des griechischen Alphabets als Alpha-, Beta- und Gammastrahlung bezeichnet (vgl. etwa FZJ 2011). Alpha- und Betastrahlung besteht aus geladenen Materie-Teilchen (Alpha-Teilchen = Heliumkerne; Beta-Teilchen = Elektronen bzw. Positronen), Gammastrahlung dagegen aus ungeladenen Lichtquanten bzw. elektromagnetischen Wellen. Darüber hinaus können weitere Arten von ionisierender Strahlung auftreten, insbesondere auch solche, die aus ungeladenen – d.h. elektrisch neutralen – Materie-Teilchen bestehen (Neutronen).

Es ist davon auszugehen, dass alle diese und evtl. noch weitere Strahlungstypen in den im Zwischenlager aufbewahrten Kernbrennstoffen und radioaktiven Abfällen entstehen. Das bedeutet jedoch nicht, dass alle Strahlungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit auch in den Außenraum gelangen könnten. Vielmehr legen die verschiedenen Strahlungsarten (abhängig auch von ihrer Energie) unterschiedlich lange Wegstrecken zurück, bevor sie von Abschirmungsmaterial oder Luft gebremst, absorbiert, abgelenkt, umgewandelt oder auf andere Weise an der weiteren Ausbreitung gehindert werden. Im Normalfall wechselwirken geladene Teilchen (d.h. Alpha- oder Betastrahlung) sehr viel stärker mit Materie als neutrale Teilchen (Gamma- oder Neutronenstrahlung), weshalb letztere typischerweise deutlich längere Wegstrecken zurücklegen können. Aus diesem Grund dürften im Außenraum des Lagers nur Neutronen- und Gammastrahlung praktisch relevant sein.

2.2. Messgrößen und Maßeinheiten

Ionisierende Strahlung zeichnet sich *per definitionem* dadurch aus, dass sie beim Durchgang durch Materie deren Bestandteile (Atome und Moleküle) ionisieren kann. Dabei wird auch Energie von der Strahlung auf die Materie übertragen. Die Ionisierung (Entstehung von Ionen, d.h. geladenen Teilchen) geschieht dadurch, dass die in der Materie enthaltenen positiven und negativen Ladungen räumlich voneinander getrennt werden, indem beispielsweise Elektronen aus einer Atomhülle oder aus einer chemischen Bindung im Molekül herausgerissen werden. Dadurch können Moleküle beschädigt werden, die ihre biologische Funktion dann nicht mehr erfüllen können, woraus ein Gesundheitsschaden resultieren kann.

Die Stärke des Effekts kann auf verschiedene Weise gemessen und quantifiziert werden. Eine einfache Messgröße ist die Energiedosis, die angibt, wie viel Energie aus dem Strahlungsfeld auf jedes Kilogramm des Absorbermaterials übertragen wird. Die zugehörige Einheit lautet 1 Gray (1 Gy), was als Abkürzung für ein Joule pro Kilogramm (1 J/kg) steht. Dabei bezeichnet generell der Begriff „Dosis“ eine integrale, über eine bestimmte zeitliche Dauer aufsummierte Strahlungsmenge, wogegen der Begriff „Dosisleistung“ eine differentielle Dosis pro Zeiteinheit (z.B. Sekunde) angibt. Die zugehörige Einheit lautet Gy/sec bzw. Watt/kg.

Für die biologische bzw. gesundheitliche Wirkung von Strahlung kommt es jedoch nicht nur darauf an, wie viel Energie die Strahlung insgesamt im durchstrahlten Gewebe abgibt, sondern auch darauf, ob sie dies in lokal konzentrierter oder aber in weiträumig verteilter Form tut – was von Art und Energie der Strahlung abhängt. Um die unterschiedlichen biologischen Strahlungswir-

kungen greifbar zu machen, wird für jede Strahlungsart bestimmter Energie die jeweilige „Relative Biologische Wirksamkeit“ (RBW) über einen sogenannten Qualitätsfaktor bzw. Strahlungswichtungsfaktor quantifiziert. Diese Faktoren wurden experimentell bestimmt und durch internationale Vereinbarung einheitlich festgelegt (internationale Kommissionen ICRU und ICRP, vgl. Krieger 2007 oder Grupen 2010). Gewichtet man die Einzelbeiträge verschiedener Strahlungsarten zur Energiedosis mit diesen Wichtungsfaktoren, so gelangt man durch anschließende Summation zur sog. Äquivalentdosis als neuer Messgröße, die für den Strahlenschutz aussagekräftiger ist als die Energiedosis. Da die Gewichtungsfaktoren reine Zahlen ohne Einheit sind, lautet die Einheit der Äquivalentdosis wiederum J/kg. Um jede Verwechslung mit der Energiedosis auszuschließen, wird dies jedoch nicht mehr als „Gray“, sondern als „Sievert“ (1 Sv) abgekürzt. Wird eine Messergebnis also in der Einheit Sievert angegeben, so kann man daran erkennen, dass Wichtungsfaktoren bei der Auswertung der Messung bereits berücksichtigt wurden.

Es existieren weitere Kenngrößen, so insbesondere die sog. Effektive Dosis, in die andere Wichtungsfaktoren einfließen, die die unterschiedliche Strahlensensibilität verschiedener Gewebe und Organe des menschlichen Körpers beziffern (zu Details vgl. Krieger 2007). Die Summation über alle Organe und Körperteile führt hier zur sogenannten Körperdosis. Auf der anderen Seite wird im Bereich der Äquivalentdosis weiter unterschieden zwischen der Ortsdosis (die an einem fixen Punkt durch ein ortsfestes Messgerät bestimmbar ist) und der Personendosis (der eine Person auf ihrem Weg durch ein Strahlungsfeld ausgesetzt ist, und die über ein mitgeführtes Messgerät bestimmbar ist). Bei der Ortsdosis kann noch weiter unterschieden werden zwischen der Richtungs-Äquivalentdosis (die nach Einfallsrichtungen der Strahlung differenziert) einerseits und der Umgebungs-Äquivalentdosis (die alle Einfallsrichtungen gleichermaßen berücksichtigt) andererseits. Alle diese Dosisgrößen werden ebenfalls in der Größe Sievert gemessen, was zu Verwechslungen führen kann. Um diese zu vermeiden, sei klargestellt, dass es sich bei den im Folgenden wiedergegebenen Messwerten durchweg um Umgebungs-Äquivalentdosen bzw. Ortsdosisleistungen handelt.

Hingewiesen sei noch auf die in Naturwissenschaft und Technik üblichen Vorsätze für Maßeinheiten. So steht ein Millisievert (mSv) für ein Tausendstel Sievert, ein Mikrosievert (μ Sv) für ein Millionstel der Grundeinheit, und ein Nanosievert (nSv) für ein Milliardstel Sv. Bei Vergleichen von Dosisleistungen, die zusätzlich Zeiteinheiten enthalten, ist zudem zu berücksichtigen, dass ein normales⁹ Jahr $24 \cdot 365 = 8760$ Stunden umfasst. Eine Angabe von 1 Nanosievert pro Stunde (1 nSv/h) entspricht daher 8760 Nanosievert pro Jahr ($8760 \text{ nSv/a} = 8,760 \mu\text{Sv/a} = 0,00876 \text{ mSv/a}$). Umgekehrt gilt, dass $1 \text{ mSv/a} = 0,114 \mu\text{Sv/h} = 114 \text{ nSv/h}$.

2.3. Dosimetrie vs. Spektrometrie

Nicht nur der menschliche Körper, sondern auch physikalische Messgeräte sprechen auf Strahlung unterschiedlicher Energie unterschiedlich an. Für sehr genaue Bestimmungen ist es deshalb nicht ausreichend, nur die am Detektor abgelesene Gesamtdosis anzugeben. Sonst könnte die energieabhängige Nachweiseffizienz des Detektors dazu führen, dass zwei unterschiedliche Energieverteilungen des einfallenden Strahlungsfeldes zu demselben Messwert führen, obwohl die wahre Dosis eigentlich verschieden ist. In anderen Worten muss ein präziser Detektor vorab auf

9 In einem Schaltjahr wären alle Jahreswerte demnach um $1/365 = 0,27\%$ höher anzusetzen.

die jeweilige Energieverteilung des vorgefundenen Strahlungsfeldes kalibriert werden, was natürlich nur möglich ist, wenn diese bekannt ist bzw. vor Ort gemessen wird.

Bestimmt man in dieser Weise nicht nur die Gesamtzahl bzw. die summarische Wirkung vieler Strahlungsteilchen, sondern auch ihre jeweils individuellen Geschwindigkeiten bzw. deren statistische Verteilung, so leuchtet man damit quasi das gesamte vorhandene Spektrum aus. Dieser nach Energie bzw. Geschwindigkeit aufgelöste Messansatz ist daher unter dem Namen Spektrometrie bekannt. Spektrometrische bzw. spektroskopische Messungen sind in Gorleben insbesondere von der PTB vorgenommen worden. Neben der Möglichkeit zur präzisen Detektor-Kalibrierung bieten sie einen weiteren Vorteil: Einmal gemessen, kann die Energieverteilung eines Neutronenfeldes auch Hinweise auf dessen Herkunft geben. So geben Neutronen bei Wechselwirkung mit Materie einen Teil ihrer Energie ab und werden langsamer. Findet man daher in einer spektroskopischen Messung vermehrt langsame Neutronen vor, so kann auch geschlossen werden, dass diese meist nicht auf direktem Weg, sondern über Umwege und Streuprozesse von der Quelle zum Ziel/Messort gelangt sind.

2.4. Zeitaufgelöste vs. zeitlich integrierende Messungen

Generell können zwei verschiedene Messstrategien verfolgt werden, nämlich entweder eine zeitaufgelöste oder eine zeitlich integrierende (integrale) Messung. Integrale Messungen einer sich im Jahresverlauf akkumulierenden Dosis sind repräsentativ für das Gesamtjahr, und bewegen sich somit im Gleichklang mit Anforderungen aus der Genehmigung (vgl. Abschnitt 3.1). Solche Messwerte sind jedoch erst im Nachhinein feststellbar, wenn eine potenziell nachzuweisende Grenzwert-Überschreitung bereits eingetreten wäre. Wird eine solche Überschreitung im Nachhinein festgestellt, lässt sich zudem nicht ohne Weiteres identifizieren, zu welchem Zeitpunkt und aus welcher Quelle die erhöhte Belastung eingetreten ist. Auch die Konsequenzen von Änderungen der Umgebungsbedingungen im Laufe des Jahres (z.B. einer Umstellung von Behältern im Lager) lassen sich auf diese Weise nicht im Einzelnen nachzeichnen.

Die gegenteilige Strategie setzt auf zeitlich aufgelöste Messungen einer momentanen Dosis(leistung), die beispielsweise täglich, stündlich oder noch häufiger ausgelesen werden. Hierfür kommt in der Regel eine andere Detektor-Technologie zum Einsatz, die mit höherem Aufwand und/oder mit größeren Messunsicherheiten (inkl. statistischer Ablesefehler) verbunden sein kann. Soweit die zeitaufgelöste Messung nicht über das gesamte Jahr kontinuierlich fortgeführt wird, verbleibt zudem die Frage, inwieweit etwa stichprobenartige Messungen aus einem kürzeren Zeitfenster als „Momentaufnahme“ repräsentativ für das Gesamtjahr sein können.

Im konkreten Fall des TBL-G lassen die Berichte darauf schließen, dass die Landesbehörde (NLWKN) zeitlich integrierende Messungen über jeweils sechsmonatige Zeiträume vornimmt, während die Physikalisch-Technische Bundesanstalt im September eine zeitaufgelöste Datenaufnahme betrieben hat.

3. Sachstand 2011: Akteure und Messungen

3.1. Genehmigung des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS)

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Salzgitter als Genehmigungsbehörde hat in einer Serie von (Änderungs-) Genehmigungen die Anforderungen und Randbedingungen für die Zwischenlagerung in Gorleben definiert. Die Internetseite¹⁰ des BfS gibt einen Überblick, in dem neben einer „umfassenden Neugenehmigung“ vom Juni 1995 und einer (undatierten) ersten Änderungsgenehmigung drei weitere Änderungsgenehmigungen - datiert auf den 18.01.2002, den 23.05.2007 sowie den 29.01.2010 – genannt sind. Nach BfS-Angaben befanden sich zum Jahresende 2010 im Transportbehälterlager Gorleben 5 Behälter mit abgebrannten Brennelementen sowie 97 Behälter mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente (HAW-Glaskokillen, vgl. BfS 2011).

Die vierte und (bisher) letzte Änderungsgenehmigung des BfS bzw. der sich daraus ergebende konsolidierte Gesamt-Stand der Genehmigung für das TBL ist als „nicht-amtliche Lesefassung“ ebenfalls auf der Internetseite¹¹ des BfS verfügbar (BfS 2010). Aus dieser ergibt sich u.a., dass im Lager auf höchstens 420 Stellplätzen maximal 3.800 Tonnen Schwermetall mit insgesamt bis zu 16 Megawatt Wärmeentwicklung bis längstens zum 31.12.2034 eingelagert werden dürfen. Die Genehmigung verzeichnet außerdem 15 verschiedene Behälterbauarten, die für die Lagerung zulässig sind. Es folgen zahlreiche Nebenbestimmungen und Hinweise, darunter 31 „Allgemeine Nebenbestimmungen, die für die Aufbewahrung und sämtliche Transport- und Lagerbehälter einzuhalten sind“.

Diese Nebenbestimmungen enthalten u.a. Details zu Anzeige- und Dokumentationspflichten des Betreibers, aber auch Strahlenschutz-Kriterien. So regelt Nebenbestimmung A 6:

- **A 6.** Der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde ist für jedes Quartal innerhalb des folgenden Quartals ein schriftlicher Betriebsbericht vorzulegen, der
 - die Ergebnisse der Messungen der Ortsdosisleistung in der Lagerhalle und an den im Betriebshandbuch und im Umgebungsüberwachungsprogramm festgelegten Messstellen,
 - die Ergebnisse der Messungen der Personendosis,
 - eine Bilanz über Ein- und Auslagerungen, über den Bestand an Kernbrennstoffen sowie über die Gesamtaktivität der eingelagerten radioaktiven Stoffe,
 - die Ergebnisse der festgelegten wiederkehrenden Prüfungen,
 - sonstige wesentliche betriebliche Vorgänge und Vorkommnisseenthalten muss.

Der sogenannte Eingreifwert von 0,27 mSv/Jahr ergibt sich aus Nebenbestimmung A 8:

- **A 8.** Im Hinblick auf die von der BLG beantragte maximale Dosis am ungünstigsten Aufpunkt am Zaun des Betriebsgeländes von 0,30 mSv pro Jahr ist, sobald dort eine Dosis von umgerechnet 0,27 mSv pro Jahr gemessen wird, der Einlagerungsbetrieb so lange zu unterbrechen, bis die Zustimmung der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde zu den vorgesehenen Maßnahmen zur Einhaltung des Wertes von 0,30 mSv pro Jahr vorliegt.

Nebenbestimmung A 20 lautet:

10 Siehe http://www.bfs.de/de/transport/zwischenlager/zentrale_zwischenlager/gorleben.html.

11 Siehe http://www.bfs.de/de/transport/gv/zwischenlager/lesefassung_4_aenderungsgenehmigung_tblg.pdf

-
- **A 20.** Die Einlagerung der Transport- und Lagerbehälter hat nach dem in den Genehmigungsunterlagen festgelegten Einlagerungsplan zu erfolgen, der fortzuschreiben und der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde in halbjährlichen Abständen vorzulegen ist. Für die zur Einlagerung vorgesehenen Behälter ist dabei die Einhaltung der Randbedingungen für die Wärmeleistung des Lagers nachzuweisen und die Strahlenexposition des Personals und die Jahresdosis am ungünstigsten Aufpunkt am Zaun des Betriebsgeländes abzuschätzen.

Weiterhin regelt Nebenbestimmung A 25:

- **A 25.** Das bestehende Umgebungsüberwachungsprogramm „Beweissicherungsprogramm für den Betreiber“ (Anlage 1 Nr. 414) ist fortzuführen. Die Quartals- und Jahresberichterstattung zur Überwachung der Umgebung des Transportbehälterlagers Gorleben ist gemäß den Vorgaben der Anlagen 1, 2 und 3 sowie des Anhangs C.1 der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI) – RSchr. d. BMU vom 07.12.2005 – RS II 5 – 15603/5 – (GMBL. 2006, Nr. 14 - 17, S. 254) durchzuführen.

3.2. Umgebungsüberwachung durch die GNS als Betreiber

Die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) als Betreiberin des Transportbehälterlagers Gorleben betreibt demnach ein eigenes Programm zur Umgebungsüberwachung. Über die Ergebnisse wird u.a. in Jahresberichten gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI¹²) berichtet (sog. REI-Jahresberichte). Den letzten beiden vorliegenden REI-Jahresberichten sind jeweils auch Angaben Art, Häufigkeit und Nachweisgrenzen der Messungen zu entnehmen. Demnach werden Messungen der Ortsdosisleistung an vier ortsfesten Messstationen an der Außenseite des Anlagenzaunes sowie einer ortsfesten Referenzmessstation in Gorleben kontinuierlich vorgenommen und stündlich registriert, wobei die Nachweisgrenze für die Gamma-Ortsdosisleistung bei 50 Nanosievert pro Stunde (50 nSv/h, entsprechend 0,050 µSv/h) und diejenige für die Neutronen-Ortsdosisleistung bei 40 nSv/h liegt. Messungen der gesamten (kumulierten) Gamma-Ortsdosis im Verlauf eines ganzen Jahres werden mit Festkörperdosimetern an 29 Messpunkten durchgeführt, davon 27 an der Umschließung der Anlage innerhalb des Erdwalls sowie 2 Referenzpunkte außerhalb der Anlage. Die Nachweisgrenze in diesem Fall liegt bei 0,1 Millisievert pro Jahr (0,1 mSv/a, entsprechend 100 µSv/a oder durchschnittlich 0,011 µSv bzw. 11 nSv pro Stunde).

Die Berichte für die Jahre 2009 und 2010 weisen für die verschiedenen Messpunkte bzw. Probenahmeorte tabellarische Darstellungen aus, separat für die Gammastrahlungs-Ortsdosisleistung (in Mikrosievert pro Stunde, monatlich aufgeschlüsselt als Durchschnitts-/Minimal-/Maximal-Werte, bei ± 2% Messunsicherheit), für die gesamte Gammastrahlungs-Ortsdosis im Laufe eines Jahres (in Millisievert, bei ± 5% Messunsicherheit) sowie für die Neutronen-Ortsdosisleistung (ähnlich wie für die Gammastrahlungs-Ortsdosisleistung, allerdings mit ± 23% Messunsicherheit). Eine grobe Sichtung der umfangreichen tabellarischen Aufstellung ergibt, dass die am Messhaus 2 aufgezeichneten Werte höher liegen als an den anderen Messpunkten; ansonsten sind auf den ersten Blick wenig Auffälligkeiten zu erkennen.

3.3. NLWKN als unabhängige Messstelle

Parallel zum radiologischen Umgebungsüberwachungsprogramm des Betreibers werden bei kerntechnischen Anlagen auch entsprechende Überwachungen durch sog. „unabhängige Messstellen“

12 Vgl. <http://www.bmu.de/strahlenschutz/downloads/doc/37105.php>.

durchgeführt. Der Arbeitskreis Umweltüberwachung (AKU¹³) des Fachverbands für Strahlenschutz¹⁴ gibt eine Loseblattsammlung heraus, in der auch eine Übersicht¹⁵ über die von den jeweiligen Genehmigungs- bzw. Aufsichtsbehörden festgelegten unabhängigen Messstellen für die einzelnen kerntechnischen Anlagen in Deutschland. Daraus ergibt sich, dass im Falle des Transportbehälterlagers Gorleben der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) in Hildesheim zuständig ist.

Aus der Internetseite des NLWKN ergibt sich, dass der Strahlenschutz dort innerhalb des Geschäftsbereich III (von fünf) angesiedelt ist. In einer Selbstdarstellung heißt es: „Der NLWKN ist das Kompetenzzentrum der niedersächsischen Umwelt- und Arbeitsschutzverwaltung für den Strahlenschutz: Der Sachverstand und die Messtechnik sind hier zentralisiert, und zwar in Hildesheim“. Über die Arbeit des NLWKN im Bereich der radiologischen Überwachung ist allerdings nur Allgemeines zu erfahren, so etwa in der Broschüre¹⁶ „Überwachung von kerntechnischen Anlagen und Messung der Umweltradioaktivität“ aus dem Jahr 2005. Die im Internet verfügbaren Jahresberichte des NLWKN aus den letzten Jahren gehen auf Messungen am Transportbehälterlager Gorleben nicht ein. Gesonderte Messberichte zum Transportbehälterlager sind nicht öffentlich verfügbar. Nach Aussage des NLWKN sind diese zwar in das „integrierte Mess- und Informationssystem - IMIS¹⁷“ eingestellt, zu dem der Wissenschaftliche Dienst jedoch bisher keinen Zugang hat.

Messmethoden, Nachweisgrenzen, Messunsicherheiten und/oder Ergebnisse des NLWKN können daher hier nicht wiedergegeben werden. Zu erfahren war lediglich, dass der NLWKN Thermolumineszenz-Dosimeter als Messgeräte verwendet, die halbjährlich ausgelesen werden. Die Instrumente zeigen demnach die kumulierte Dosis über Zeiträume von jeweils 6 Monaten an. Wie bereits erwähnt (vgl. S. 4), entstand aus der Ablesung eines NLWKN-Geräts am Messhaus 2 für das erste Halbjahr 2011 ursprünglich die Befürchtung, dass bei entsprechender Fortschreibung (Extrapolation) der Daten über das zweite Halbjahr der für das gesamte Jahr geltende Eingreifwert

-
- 13 Dazu das BMU: „Neben den durch den BMU herausgegebenen "Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung" der Leitstellen gibt es auch die Loseblattsammlung "Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität" des Arbeitskreises Umweltüberwachung (AKU) des Fachverbandes für Strahlenschutz. Wenn für ein Messverfahren keine Messanleitung des BMU existiert, kann ein vorliegendes Blatt des AKU gleichwertig herangezogen werden“ (zitiert nach http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung_der_umweltradioaktivitaet/messanleitungen/doc/42042.php). Zur Historie des AKU siehe auch http://osiris22.pi-consult.de/userdata/l_20/p_105/library/data/historie_akd_1.pdf.
- 14 Selbstdarstellung: „Der Fachverband für Strahlenschutz e.V. (...) ist eine Vereinigung von Strahlenschutzfachleuten und -praktikern, überwiegend aus dem deutschsprachigen Raum. Er hat sich die Förderung des Strahlenschutzes als Wissenschaft und als Beruf zum Ziel gemacht“ (vgl. <http://osiris22.pi-consult.de/view.php3?show=510002059>).
- 15 Vgl. http://osiris22.pi-consult.de/userdata/l_20/p_105/library/data/lb2_8.pdf
- 16 Siehe <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/22231>
- 17 Vgl. http://www.bfs.de/de/ion/imis/imis_uebersicht.html

erreicht werden könnte bzw. dies nicht sicher auszuschließen sei. Dokumentiert ist dies u.a. in einer Pressemitteilung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz¹⁸.

3.4. Messungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)

Im Auftrag des NMU führte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) im September 2011 weitere Dosismessungen am Transportbehälterlager Gorleben durch. Erste Ergebnisse dieser Messungen sind bisher in einem Kurzbericht¹⁹ nachzulesen, den die PTB am 20. September 2011 fertiggestellt hat und der auf der Internetseite des NMU veröffentlicht ist (PTB 2011a). Nach Auskunft der PTB wird der zugehörige ausführliche Bericht in zwei Teilen erstellt, wovon der erste Teil – zu den Gammastrahlungs-Messungen – am 21. Oktober abgeschlossen und Anfang November durch das NMU ins Internet gestellt wurde (PTB 2011b).

Dem neunseitigen Kurzbericht ist Folgendes zu entnehmen: Der zweiteilige Auftrag bestand einerseits darin, die Umgebungsäquivalentdosisleistung am Anlagenzaun in unmittelbarer Nähe zum Messhaus 2 zu bestimmen, und zwar separat für Neutronen und für Gammastrahlung. Dabei sollte kosmische Strahlung natürlichen Ursprungs berücksichtigt und separat von derjenigen Strahlung, die vom Transportbehälterlager ausgeht, erfasst werden. Andererseits sollte der Ort der maximalen Umgebungsäquivalentdosisleistung identifiziert werden, indem Messungen an mehreren Orten entlang des Anlagenzauns sowie in verschiedenen Abständen vom Zaun wiederholt wurden (wiederum separat für Neutronen und für Gammastrahlung).

Dementsprechend wurden nach einer Funktionsprüfung der Messgeräte auf dem PTB-Gelände Messungen vor Ort in Gorleben zwischen dem 9. und 13. September 2011 vorgenommen. Viele Details des Berichts deuten darauf hin, dass die Experten der PTB dabei sehr sorgfältig vorgegangen sind (wie es auch den Erwartungen an „das nationale Metrologieinstitut“ „an oberster Stelle der metrologischen Hierarchie in Deutschland“, das als „zentrale Aufgabe die gesetzlichen Einheiten darzustellen, zu bewahren und weiterzugeben“ hat und deren „Kalibrierscheine eine auf nationale Normale rückgeführte Kalibrierung“ dokumentieren – so das Selbstporträt der PTB am Ende des Berichts – entspricht). So kalibrierten sie ihre Dosimeter anfangs mit Hilfe spektrometrischer Messungen (s.o.). Messorte und Messzeiten wurden vielfach variiert und die Ergebnisse zueinander in Beziehung gesetzt, um zeitliche und räumliche Inhomogenitäten festzustellen sowie die Reproduzierbarkeit der Messungen zu überprüfen bzw. den statistischen Fehler zu quantifizieren. Fehlerabschätzungen wurden offenbar ebenfalls sehr sorgfältig und in Übereinstimmung mit internationalen Standards²⁰ vorgenommen. Im Übrigen erweist sich die Schilderung in

18 „Die Extrapolation eines am Messhaus 2 ermittelten Halbjahreswertes durch den NLWKN auf das gesamte Jahr 2011 könnte unter Berücksichtigung der Gamma-Strahlung dazu führen, dass die sog. Maßnahmenschwelle von 0,27 mSv/a entsprechend der Nebenbestimmung A8 der Genehmigung des BfS vom 02.06.1995 mit Ergänzung vom 28.06.1996 erreicht würde“ (vgl. http://www.umwelt.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=2147&article_id=98501&psmand=10).

19 Siehe <http://www.mu1.niedersachsen.de/download/61267>. In der Vorbemerkung zu diesem Bericht wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass er nur eine „kurze Beschreibung der eingesetzten Verfahren“ und eine „Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung“ enthalte. „In einem ausführlichen Bericht wird später auf die Details eingegangen anhand derer die Messergebnisse vollständig und in nachvollziehbarer Form beschrieben werden“.

20 „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“, vgl. http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf.

der komprimierten Form des Kurzberichts allerdings teils als so kompakt, dass sie auch für naturwissenschaftlich vorgebildete Leser nicht immer auf Anhieb verständlich ist.

Die Herkunft der am Zaun des TBL-G messbaren Strahlung wurde einerseits durch Spektrometrie (für Neutronen), andererseits durch Vergleich mit Hintergrundwerten zu identifizieren versucht. Spektrometrie-Ergebnisse zeigten einen sehr hohen Anteil langsamer Neutronen, was darauf hindeutet, dass Neutronen nicht etwa auf direktem Weg vom Lager durch den Erdwall zum Zaun gelangen, sondern zunächst über den Erdwall hinweg fliegen und dann aufgrund mehrfacher Streuung an Luftmolekülen teils wieder nach unten und so auch zum Zaun hin umgelenkt werden.

Dosimetrisch stellte die PTB in Bezug auf Neutronen fest, dass der höchste Strahlungswert entlang des Zaunes etwa 30 bis 50 Meter westlich der Messstelle Nr. 12 vorlag, wo die Umgebungs-Äquivalentdosis $24,2 \pm 2,2$ nSv/h betrug. (Dieser dem TBL-G zuzuschreibende Netto-Wert ergibt sich aus dem - im Bericht nicht näher spezifizierten - Brutto-Messewert vor Ort in Gorleben, abzüglich des am Sitz der PTB gemessenen Neutronen-Hintergrundwerts von $7,2 \pm 0,3$ nSv/h). Geht man von gleichbleibenden Bedingungen im Jahresverlauf aus, so entspricht dieser Kurzzeit-Messwert gemäß der oben erläuterten Einheiten-Umrechnung einer Langzeit-Dosis von $0,212 \pm 0,019$ mSv im Jahr.

Die Gammastrahlung²¹ erwies sich erwartungsgemäß als örtlich wie zeitlich sehr viel stärker variabel. Da gleichzeitig der zu messende zusätzliche Beitrag des TBL-G zur Gamma-Ortsdosisleistung relativ gering (geringer jedenfalls als im Bereich der Neutronen) war und in ähnlicher Größenordnung wie die natürlichen Schwankungen lag, war die nicht-natürliche Gamma-Umgebungsäquivalentdosis weniger zuverlässig quantifizierbar bzw. weniger eindeutig dem TBL-G kausal zuzuordnen. Die PTB nennt am Messhaus 2 einen Brutto-Messwert von $64,7 \pm 2,4$ nSv/h, von dem nach Subtraktion des geschätzten Hintergrundes ein Netto-Beitrag des TBL von $(-1,6 \pm 2,1)$ nSv/h übrig bleibt. Hier fällt auf, dass nicht nur der Fehler größer ist als der Haupt-Wert, sondern dieser rechnerische Wert zudem im negativen Bereich liegt. Da Letzteres physikalisch keinen Sinn ergibt, geht die PTB davon aus, dass vom TLB keine Gammastrahlung zum Zaun gelangt. Der genannte negative Wert von $-1,6$ nSv/h wird also im Wege einer sinnvollen Interpretation sozusagen von Hand auf Null gesetzt, wobei die Messunsicherheit von $\pm 2,1$ nSv/h allerdings erhalten bleibt. Auf ein Jahr umgerechnet entspricht das Ergebnis dann $0,000 \pm 0,018$ mSv.

Im Endergebnis stellte die PTB im September 2011 fest, dass die maximale Umgebungs-Äquivalentdosis sich aus $0,212 \pm 0,019$ mSv/a für Neutronen und $0,000 \pm 0,018$ mSv/a für Gammastrahlung zusammensetzt, was insgesamt ein Ergebnis von $0,212 \pm 0,026$ mSv/a ergibt. In die

21 Zu beachten ist hier, dass die PTB eine etwas eigenwillige Definition für Gammastrahlung verwendet. In Teil 1 ihres ausführlichen Berichts – der am 11.11.2011 vom NMU an den Wissenschaftlichen Dienst übermittelt wurde – schreibt die PTB: „Unter Gammastrahlung wird für diesen Teilbericht jede Art ionisierender Strahlung in der Umwelt verstanden, die keine Neutronenstrahlung ist“. Dies entspricht nicht der gängigen physikalischen Definition (gemäß der Gammastrahlung eine besonders energiereiche elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich jenseits der Röntgenstrahlung ist), sondern einer von eher praktisch-messtechnischen Erwägungen geprägten Anschauung (etwa: „Gammastrahlung ist all das, worauf der (auch) für Gammastrahlung eingesetzte Detektor anspricht“). Hinter dieser Nuance könnte sich eine für die Hintergrundwert-Problematik möglicherweise relevante Unterscheidung verbergen, die im Auge behalten werden sollte.

Fehlerabschätzung gingen dabei gewisse Annahmen über die Verteilung der statistischen Fehler ein; der (unbekannte) wahre Wert der Messgröße liegt demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 68% innerhalb des genannten Fehlerintervalls.

3.5. Berechnungen des TÜV Nord

Im Auftrag des NMU erstellte der TÜV Nord begleitend numerische Berechnungen, die sich nach Angaben der Autoren auf das Programm MCNP5²² stützen (TÜV Nord 2011a, 2011b). Dabei wird im Computer ein Modell des Zwischenlagers, der eingelagerten Behälter mit ihrem radioaktiven Inventar, der Hallenwände und sonstigen Abschirmungs-Materialien sowie des Außenbereichs inklusive des geometrischen Verlaufs des Zauns etc. aufgestellt. Ausgehend von den vorgelegten Belegungsplänen, kann der TÜV dann mit Hilfe des Software-Programms im Rechner den Weg einer Vielzahl an (hypothetischen) Teilchen von der Quelle an/im Behälter bis hin zu entweder ihrer Absorption in einer der Abschirmungen oder ihrer eventuellen Ankunft z.B. im Bereich außerhalb des Zaunes rechnerisch nachverfolgen. Aus der Gesamtschau dieser Teilchen-Einzelschicksale lassen sich Aussagen über die Stärke und die geometrische Verteilung des Strahlungsfeldes ableiten. Das Ergebnis hängt dabei wesentlich von den Ausgangsdaten, insbesondere der Verteilung der Behälter innerhalb des Lagers, ab. Deshalb hat der TÜV drei verschiedene Szenarien im Vergleich berechnet, nämlich die Ist-Belegung des Transportbehälterlagers im September 2011, die Ist-Belegung zuzüglich weiterer 11 zukünftig einzulagernder Behälter, sowie eine optimierte Lagerbelegung.

Der wesentliche Erkenntnisgewinn bei der Interpretation der Ergebnisse liegt nach Ansicht der TÜV wohl nicht in der absoluten Stärke, sondern eher in der relativen geometrischen Verteilung des Strahlungsfeldes. Die Prognose zur absoluten Stärke wird offenbar deshalb als weniger zuverlässig eingeschätzt, weil sie in stärkerem Maße von den Annahmen über die genauen Wandstärken bzw. Abschirmungs-Dicken abhängen, die in ihrer Gesamtheit nicht genau bestimmt werden können. Deshalb hat der TÜV die von der PTB gemachten Messungen verwendet, um die absolute Stärke des berechneten Strahlungsfeldes so zu skalieren, dass die Prognose am Referenzort mit der dort gemachten PTB-Messung übereinstimmt. Aus der berechneten Verteilung des Strahlungsfeldes lässt sich dann ableiten, dass der „ungünstigste Aufpunkt“ – also der Ort mit dem höchsten Strahlungswert – ca. 15 bis 30 Meter westlich des Aufpunktes P1 liegt.

Die Darstellung des TÜV enthält darüber hinaus Aussagen zur Messunsicherheit bzw. Fehlerabschätzung. Aus der statistischen Berechnungsmethode sowie der räumlichen Diskretisierung des Computer-Modells resultiert demnach ein statistischer Fehler im Bereich von 2-3%. Parallel mögliche systematische Fehler hofft der TÜV durch den Abgleich mit den PTB-Messwerten ausgeschlossen zu haben. Allerdings „erbt“ die Rechnung dadurch zusätzlich die Messunsicherheit der Neutronenmessungen, die mit 8% angegeben wurde, so dass die Ergebnisse des TÜV insgesamt mit einer Unsicherheit in der Größenordnung von 10% behaftet sind (TÜV 2011a, 2011b).

Zusammenfassend kommt der TÜV aufgrund seiner Berechnungen zu folgenden Dosisleistungen bzw. Jahresdosen am ungünstigsten Aufpunkt:

22 Es handelt sich dabei offenbar um eine in den USA vom staatlichen Forschungslabor in Los Alamos entwickelte wissenschaftliche Software, die die Ausbreitung von Neutronen, Elektronen und/oder Photonen in verschiedenen Materialien statistisch mit Hilfe der Monte-Carlo-Technik simuliert (vgl. <http://mcnp-green.lanl.gov>).

Szenario	Neutronen	Gammastrahlung	Summe Neutronen+Gamma	Intervall $\pm 10\%$
Ist-Belegung	0,201 mSv/a	0,028 mSv/a	0,238 mSv/a	[0,214 - 0,262]
Ist-Belegung plus 11 Behälter	0,224 mSv/a	0,030 mSv/a	0,254 mSv/a	[0,229 - 0,279]
Optimierte Belegung inkl. der 11 Behälter	0,197 mSv/a	0,025 mSv/a	0,222 mSv/a	[0,199 - 0,244]

Tabelle 1: Übersicht über die vom TÜV prognostizierten Jahreswerte der Umgebungs-Äquivalentdosis am ungünstigsten Aufpunkt. In der letzten Spalte ist zur Illustration ausgeführt, welchen absoluten Werten die relative Toleranz von $\pm 10\%$ entspricht. Alle Werte sind mit dem Grenzwert von 0,30 mSv/a bzw. dem Eingreifwert von 0,27 mSv/a zu vergleichen.

4. Zur Auswertung und Interpretation der Daten

Entscheidend für die Interpretation aller gemessenen Daten ist u.a. die Tatsache, dass der in der Genehmigung definierte Eingreif- bzw. Grenzwert für den spezifischen Zusatz-Beitrag zur Strahlungsbelastung der Umgebung gilt, der vom TBL-G bzw. den kerntechnischen Anlagen am Standort Gorleben ausgeht. Diesen Zusatz-Beitrag messtechnisch vom natürlichen und sonstigen zivilisatorischen Strahlungs-Hintergrund zu trennen, erweist sich als nicht ganz einfach, weil beide in nicht völlig verschiedener Größenordnung liegen, und weil insbesondere die natürlichen Gammastrahlungs-Werte einigen Schwankungen unterworfen sind.

4.1. Betrachtungen zur Kausalität und örtlichen Herkunft

Messwerte können variieren von Zeitpunkt zu Zeitpunkt (etwa aufgrund von Luftdruck, Niederschlag, Schneefall, Schwankungen der Sonnenaktivität,...), von Ort zu Ort (aufgrund von geographischer Breite und Höhe, Bodenbeschaffenheit...) sowie von Messgerät zu Messgerät (aufgrund von unterschiedlicher Beschaffenheit, Kalibrierung...). Nur wenn alle diese Parameter blieben, könnten zwei verschiedene Messwerte zuverlässig miteinander verglichen bzw. ohne weiteres voneinander subtrahiert werden. Da das zu messende Strahlungsfeld vor Ort aber nicht gezielt an- und ausgeschaltet werden kann, ist es kaum möglich, Messwert und Hintergrundwert am selben Punkt in Zeit und Raum zu bestimmen. Vielmehr wird der Hintergrundwert typischerweise an einem oder mehreren anderen Orten aufgenommen als der eigentliche Messwert, und der durch den Ortswechsel verursachte zusätzliche Unterschied zwischen beiden so gut wie möglich abgeschätzt und nachträglich herausgerechnet. So soll der „wahre“ Unterschied zwischen beiden bestimmt und damit der spezifische Beitrag des künstlichen Strahlungsfeldes zur Gesamtdosis bestimmt werden. Durch diese unvermeidliche Abschätzung steigt die Messunsicherheit bezüglich des Endergebnisses. Im Übrigen und unabhängig davon ist der statistische Fehler des so gewonnenen Endergebnisses relativ hoch, weil bei der Subtraktion von zwei Messwerten die jeweils zugehörigen Fehler bzw. Unsicherheiten in der Tendenz nicht etwa subtrahiert, sondern addiert werden müssen. Dadurch kann es in solchen Fällen leicht vorkommen, dass die Unsicherheit des Endwertes größer ist als der Endwert selbst²³.

Um also den spezifischen Zusatz-Beitrag des TBL-G zu identifizieren, wird vom Brutto-Strahlungsmesswert, der vor Ort direkt am Zaun registriert wird, üblicherweise ein Hintergrundwert abgezogen, der auf andere Weise bestimmt wird und repräsentativ für das natürliche bzw. aus anderen Quellen stammende zivilisatorische Hintergrundniveau an Strahlung ist. Dabei ist sehr aufmerksam darauf zu achten, inwieweit der andernorts aufgenommene Hintergrundwert seinerseits repräsentativ für den (prinzipiell unmessbaren) „eigentlichen“ Hintergrundwert vor Ort ist.

Für Neutronenstrahlung geht die PTB davon aus, dass eine Hintergrundbelastung nicht aus kleinräumigen Quellen stamme, sondern überwiegend als kosmische Strahlung/Höhenstrahlung aus dem Weltall auf die Erde gelange. Der Hintergrundwert variere zwar räumlich mit geographischer Breite und Höhe sowie zeitlich mit der Sonnenaktivität. Diese Variationen seien aber großräumiger Natur und daher durch vor- und nachgeschaltete Referenzmessungen am Heimat-

23 Speziell bei den Gammastrahlungs-Messungen der PTB ist dies auch tatsächlich der Fall.

standort der PTB gut eingrenzbar²⁴. Diese Argumentation wirkt plausibel, auch wenn sie hier nicht im Einzelnen beurteilt werden kann. Im Ergebnis liegt der gemessene Referenzwert zudem deutlich niedriger als der vor Ort aufgenommene Brutto-Messwert. Aus beiden Faktoren zusammen lässt sich ableiten, dass die vor allem durch die Hintergrund-Subtraktion eintretende Messunsicherheit beherrschbar bleibt und der vom TBL-G ausgehende spezifische Neutronenstrahlungs-Beitrag mit hinreichender Genauigkeit identifizierbar ist.

Etwas andere Verhältnisse liegen im Bereich der Gammastrahlung vor. Hier existieren stärkere zeitliche und örtliche Schwankungen des Hintergrunds aus natürlichen Strahlungsquellen, die u.a. von der Bodenbeschaffenheit stark abhängen²⁵. Der Hintergrund ist daher vorab an anderem Orte nicht zu bestimmen. Vor Ort stellte die PTB zudem fest, dass die Gammastrahlungs-Ortsdosisleistung auf dem Erdwall rund um das TBL-G erhöht ist – allerdings, mit Ausnahme der unmittelbaren Nähe zur TBL-Lagerhalle, fast überall in gleicher Weise, nicht etwa abnehmend mit dem Abstand zur Lagerhalle. Daraus schließt die PTB, dass es sich bei dieser konstanten Erhöhung um einen Beitrag nicht etwa der eingelagerten Behälter, sondern z.B. aus Baumaterialien von Straßen und Gebäuden auf dem gesamten Gelände handele. Dieser Beitrag wird offenbar vom Erdwall vollständig abgeschirmt, da er hinter dem Wall bzw. am Zaun so nicht mehr messbar ist.

Die PTB ist daher so vorgegangen, dass sie Hintergrundwerte im Bereich des Zaunes aufgenommen hat – d.h. hinter dem Erdwall (auf dem die Werte noch erhöht sind), aber vor dem Schotterweg (auf dem die Werte aus anderem Grunde wiederum höher wären). Konkret haben die PTB-Experten zwei Hintergrundwerte am Zaun in größerer Entfernung rechts und links der Verlängerung der Hallenachse bzw. des eigentlich interessierenden Messhauses 2 aufgenommen, und zwischen diesen beiden Stützpunkten in solcher Weise linear interpoliert, dass dabei ein fiktiver Hintergrundwert für den Referenzort am Messhaus 2 herauskommt. Der so konstruierte Hintergrundwert stellt sich als höher heraus als der vor Ort tatsächlich aufgenommene Brutto-Messwert, weshalb die PTB den vom TBL-G ausgehenden Zusatz-Beitrag zur Gammastrahlung letztendlich mit Null angibt.

Zusammenfassend ist es – selbst mit einem jedenfalls nicht geringen Messaufwand, wie ihn die PTB betrieben hat – zweifellos nicht einfach, den Hintergrundwert für Gammastrahlung präzise zu erfassen. Dass die PTB den Wert Null für den besten Schätzwert hält, erscheint auf Grundlage der bisher öffentlich verfügbaren Informationen und Daten relativ plausibel. Soweit die Schlussfolgerungen der PTB überwiegend auf Messungen an zwei Referenzpunkten am Zaun rechts und links der TBL-Achse beruhen, wäre eventuell zu fragen, ob durch ein breiter angelegtes Netz an Referenzpunkten und gemeinsame statistische Interpolation der dortigen Werte hin zum Messhaus 2 die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des einschlägigen Gammastrahlungs-Hintergrundwertes nicht weiter erhöht werden könnte.

24 Die PTB-Experten geben zudem an, beim Transfer der Messapparatur nach Gorleben und dem Vergleich mit den dortigen Messwerten auf Unterschiede in Luftdruck, geogr. Breite und Höhe geachtet zu haben. Auch das Energiespektrum der vor Ort gemessenen Neutronen wurde aufgelöst und für thermisch (d.h. relativ energiearm) befunden. Diese Puzzlestücke erhärten weiter die Plausibilität der Aussage, dass zwischen künstlicher Neutronenstrahlung vor Ort und kosmischer Hintergrundstrahlung klar und relativ präzise unterschieden werden kann.

25 Die PTB führt z.B. aus, dass von dem Schotterweg hinter dem Erdwall des TBL-G ein erhöhter Untergrundwert ausgeht. Waldboden dagegen verringert nach Aussage der PTB üblicherweise die Gamma-Ortsdosisleistung, im Vergleich etwa zu einer angrenzenden Rasenfläche.

4.2. Sonderproblematik Sky-Shine

Einen speziellen Beitrag zur oben erwähnten Kausalitäts-Problematik bietet der sog. „Skyshine“-Effekt: Strahlung muss nicht unbedingt auf geradem Wege vom Behälterlager zum Messort am Zaun gelangen. Vielmehr ist in der Praxis davon auszugehen, dass Strahlung zumindest teilweise zunächst über den Erdwall hinweg fliegt, dann aber im Bereich oberhalb des Erdwalls und Zaunes mit Luftmolekülen zusammenstoßen und von diesen so umgelenkt werden kann, dass sie auf diesem Umweg schließlich doch zum Zaun gelangt. Problematisch daran kann sein, dass es am Messort so aussieht, als käme die Strahlung von oben – eine Verwechslung mit Hintergrundstrahlung aus dem Weltall liegt daher im Prinzip nahe.

Dass die PTB den „Skyshine“ in ihren Berichten mehrfach angesprochen hat, deutet darauf hin, dass sie auch diesen Effekt einer sorgfältigen Prüfung unterzogen hat. Im Ergebnis lautet der Befund der PTB-Experten, dass im Bereich der Neutronenstrahlung ein Beitrag von Skyshine vorliegt, d.h. dass Neutronen vom TBL-G tatsächlich an der Luft gestreut und zum Messhaus 2 umgelenkt werden. Da der Hintergrundwert für Neutronen aber weit entfernt am PTB-Standort aufgenommen wurde und dort kein ebensolcher Skyshine-Effekt zu erwarten ist, scheint dies für die Kausalitätsbetrachtung unproblematisch.

Anders sieht es für die Gammastrahlungs-Messungen aus, da hier kein völlig unabhängig bestimmbarer Hintergrundwert verfügbar ist. Zwar schreibt die PTB in ihrem ausführlicheren Berichtsteil zur Gammastrahlung, es sei „keine sogenannte Luftstreustrahlung (...) durch Streuung der Gammastrahlung in der Luft nachweisbar“. Diese Aussage wirkt auch sehr plausibel, da die hochenergetische Gammastrahlung sich bei Kollisionen mit Luftteilchen üblicherweise nur zu einem geringen Teil (bzw. um einen geringen Winkel) von ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung ablenken lässt bzw. dabei so viel Energie verliert, dass sie kurz danach „stecken bleibt“ und nicht mehr zum Zaun gelangen kann.

Auf Grundlage der schriftlich vorliegenden Berichte bleibt jedoch unklar, ob die PTB-Experten einen weiteren Effekt ebenso sorgfältig bedacht haben: Vom TBL-G ausgehende Neutronenstrahlung könnte oberhalb des Zaunes nicht nur abgelenkt, sondern zu einem Teil von Atomkernen in den Luftmolekülen auch absorbiert werden. Dabei entstehen üblicherweise angeregte Atomkerne, die im nächsten Schritt einen Teil ihrer Energie wiederum in Form von Gammastrahlung abgeben können. Diese „sekundäre“ Strahlung wird meist in alle Richtungen abgegeben – könnte also evtl. auch wieder erdwärts zum Zaun gelangen. Soweit der Effekt nicht stark richtungsabhängig ist, müsste er entlang des Zaunes relativ weiträumig auftreten. Es ist also theoretisch denkbar, dass ein solcher Beitrag an den beiden PTB-Referenzorten in den vermeintlich „natürlichen“ Untergrund einbezogen wurde und so im Endergebnis zu einer Unterschätzung des spezifisch vom TBL-G ausgehenden Beitrags zur Gammastrahlung geführt haben könnte.

Auf Nachfrage hin erklärte die PTB mündlich, dass auch dieser Effekt sorgsam bedacht worden sei. Er sei jedoch messtechnisch schwer nachweisbar, weshalb er lediglich als Messunsicherheit habe berücksichtigt werden können. Die angegebene Fehlergrenze für den Gamma-Wert decke diesen Effekt jedenfalls mit ab. Im Übrigen habe der TÜV den Effekt durch theoretische Berechnung ebenfalls abgeschätzt. PTB und TÜV seien sich im Ergebnis einig, dass sekundäre Gammastrahlung – wenn überhaupt – allenfalls einen geringen Beitrag zu den Strahlungswerten am TBL-G leisten könne.

4.3. Betrachtungen zur Variabilität und zur zeitlichen Einordnung

Eine weitere wichtige Frage ist die, ob die an einem Tag (Gammastrahlung) bzw. an vier Tagen (Neutronenstrahlung) im September 2011 durchgeführten Messungen der PTB für das Gesamtjahr repräsentativ sein können.

Die PTB-Experten haben auch diese Frage sorgfältig erwogen. Nach ihrer Aussage haben die meteorologischen Randbedingungen zumindest im Bereich der Neutronenstrahlung kaum Einfluss auf die Dosismessungen. Die Intensität der Sonnenaktivität (und damit der Höhenstrahlung) kann nach PTB-Einschätzung aufgrund unabhängiger Messungen z.B. in Finnland als konstant bzw. repräsentativ für das gesamte Jahr eingestuft werden. Somit scheinen die Messwerte in der Tendenz repräsentativ für das Gesamtjahr. Es liegt insofern nahe, die innerhalb weniger Tage gemessenen Werte durch einfache Skalierung mit der Zeitdauer auf das gesamte Jahr hochzurechnen.

Die PTB selbst nimmt davon aber ausdrücklich das Szenario aus, dass sich sonstige relevante Randbedingungen ändern. Würden etwa die Aufstellung der Behälter im Lager oder die Abschirmungen vor oder nach der PTB-Messung verändert (worden sein), dann wären die PTB-Messwerte nicht mehr einfach auf das Gesamtjahr hochrechenbar.

4.4. Schlussfolgerungen des NMU

Nach Veröffentlichung des PTB-Kurzberichts nahmen im September/Oktober 2011 die GNS als Betreiberin sowie das NMU als Aufsichtsbehörde eine Interpretation der Daten sowie abschließende Bewertungen der Sachlage vor.

Die GNS äußert in einem Eintrag auf ihrer Webseite²⁶ mit Datum vom 26.09.2011 folgende Einschätzung:

- „Die heute vom Niedersächsischen Umweltministerium (NMU) veröffentlichten Ergebnisse der von der PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) durchgeführten Messungen der Ortsdosis am Zwischenlager Gorleben bestätigen die Einhaltung aller gesetzlichen und genehmigungsrechtlichen Grenzwerte und somit auch den ordnungsgemäßen Betrieb der von GNS betriebenen Anlagen. Gleichzeitig unterstreichen sie auch die hohe Qualität der permanenten GNS-Umgebungsüberwachung am Standort. ... Alle von Dritten geäußerten Zweifel am ordnungsgemäßen Lagerbetrieb ... sind somit widerlegt“ (GNS 2011).

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt in Klimaschutz bezieht in einer Stellungnahme auf seiner Internetseite (ursprünglich ebenfalls datiert auf den 26.09.2011, in der Folge wohl weiter ausgebaut) wie folgt Position²⁷:

- „Nach eingehender Bewertung aller vorliegenden Erkenntnisse zu Messergebnissen und Prognosen erwartet das Ministerium bei Einlagerung von zusätzlich elf Behältern im Jahr 2011 einen Gesamtdosiswert von 0,235 Millisievert (mSv) am Ort des Strahlungsmaximums am Betriebsgeländezaun. Auch nach der Einlagerung von elf weiteren Behältern wird folglich der Genehmigungswert von 0,3 mSv pro Jahr für das TBL sicher unterschritten. ... Aus Sicht des Niedersächsischen Umweltministeriums liegen keine Hinweise vor, die gegen die Erteilung der Zustimmung zur Einlagerung weitere Behälter sprächen“ (NMU 2011).

26 Vgl. <http://www.gns.de/language=de/taps=4986/8634>

27 http://www.mu1.niedersachsen.de/portal/live.php?&article_id=99143&navigation_id=2367&psmand=10

Gemäß einer Präsentation, die die Landesregierung am 26.09.2011 dem Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz des Niedersächsischen Landtages vorgestellt hat und die ebenfalls über die NMU-Internetseite verfügbar ist²⁸, setzt sich der genannte Gesamtdosiswert von 0,235 (bzw. 0,233) Millisievert im Jahr wie folgt zusammen:

- Der NLWKN-Messwert für Neutronenstrahlung im ersten Halbjahr liegt nach NMU-Aussage bei 0,141 mSv.
- Davon abgerechnet wurde ein Neutronen-Hintergrundwert von 0,032 mSv pro Halbjahr, der sich aus den PTB-Messungen ergibt (tatsächlich nennt der PTB-Bericht einen Hintergrundwert aus der Vorab-Messung auf dem PTB-Gelände in Höhe von $7,2 \pm 0,3$ nSv/h, was gemäß der üblichen Umrechnung einem Jahreswert von 0,063 mSv bzw. einem Halbjahreswert von 0,0315 mSv entspricht).
- So berechnet das NMU für das erste Halbjahr 2011 eine Umgebungs-Äquivalentdosis in Höhe von 0,109 mSv am Ort der NLWKN-Messung.
- Dieser wird gemäß einem von der PTB bestimmten Faktor von 1,165 auf den ungünstigsten Aufpunkt am Zaun umgerechnet, wodurch sich ein Halbjahreswert von 0,127 mSv ergibt.
- Für das zweite Halbjahr wird der von der PTB bestimmte (und bereits um den Hintergrundwert bereinigte) Strahlungswert am ungünstigsten Aufpunkt von 24,2 nSv/h auf volle sechs Monate hochskaliert, woraus sich ein Beitrag von 0,106 mSv ergibt.
- Aus der Summation beider Neutronen-Beiträge bestimmt das NMU den gesamten Strahlungswert zu 0,233 mSv im Jahr 2011.

Gammastrahlung liefert nach Einschätzung des NMU keinen zusätzlichen Beitrag zur Strahlenbelastung.

4.5. Schlussfolgerungen von Greenpeace

Die Umweltschutzorganisation Greenpeace nahm eine eigene Analyse der bekannt gewordenen Messwerte vor und kam zu anderen Ergebnissen²⁹. Die Greenpeace-Analysten rechnen zunächst vor, wie der NLWKN aufgrund seiner Messergebnisse des ersten Halbjahres auf die Prognose einer möglichen Grenzwertüberschreitung im zweiten Halbjahr schlussfolgerten. Demnach³⁰ lagen Mess- und Hintergrundwerte bei 0,270 – 0,050 mSv/a (für Neutronen) sowie bei 0,560 -0,460 mSv/a (für Gammastrahlung), was in der Summe einen Jahreswert von $0,220+0,100 = 0,320$ mSv (und damit oberhalb des Grenzwerts) im Kalenderjahr 2011 ausgemacht hätte.

Greenpeace gibt sodann das bereits oben aufgeführte Endergebnis der PTB-Messungen mit $0,212 \pm 0,026$ mSv/a wieder und rechnet es zu $0,106 \pm 0,013$ mSv für das zweite Halbjahr um. Dieses Ergebnis ist offenbar unstrittig. Kritisiert wird von Greenpeace jedoch die Art und Weise, wie das NMU diese Werte mit den früheren NLWKN-Ergebnissen kombiniert hat:

28 Vgl. <http://www.mu1.niedersachsen.de/download/61297>

29 www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/atomkraft/GP_Analyse_Strahlenmessung_final3.pdf

30 Diese Werte können hier nicht überprüft werden, da eine Präsentation des NLWKN am 05.09.2011 im Niedersächsischen Landtag, auf die sich Greenpeace beruft, dem Wissenschaftlichen Dienst nicht vorliegt.

- Die Greenpeace-Analysten kritisieren erstens, dass das NMU von dem NLWKN-Neutronen-Messwert für das erste Halbjahr den PTB-Hintergrundwert für das zweite Halbjahr (in Höhe von 0,0631 mSv/a) abgezogen habe und nicht den vom NLWKN selbst bestimmten, niedrigeren Neutronen-Hintergrundwert (in Höhe von 0,050 mSv/a – nach Greenpeace-Angaben, die wie gesagt nicht unabhängig überprüft werden konnten).
- Zweitens moniert Greenpeace, dass aufgrund der PTB-Feststellung, dass im zweiten Halbjahr keine Gammastrahlung aus dem TBL-G nachweisbar gewesen sei, nicht geschlussfolgert werden dürfe, dass auch der vom NLWKN im ersten Halbjahr gemessene, höhere Strahlungswert aus Gammastrahlung nachträglich auf Null zu setzen sei. Vielmehr könne eine tatsächliche Reduktion durch die in der Zwischenzeit erfolgte Umstellung der Behälter im Lager verursacht worden sein. Demnach wäre der ursprüngliche NLWKN-Wert für Gammastrahlung aufrecht zu erhalten, der nach Greenpeace-Darstellung bei 0,050 mSv im ersten Halbjahr liegt.
- Drittens sei es auch für das zweite Halbjahr falsch, den Gammawert auf Null zu setzen. Vielmehr lasse „die angewandte Messmethodik ... diesen Rückschluss nicht zu, da sekundäre Gammastrahlung damit nur schwerlich erfasst werden kann“. Die Messwerte seien insgesamt mit großen Unsicherheiten behaftet. „Dass die Gammastrahlung messtechnisch nicht nachweisbar ist, bedeutet nicht, dass keine Gammastrahlung aus dem TBL am Zaun vorhanden ist“ (Greenpeace 2011, S. 4).

Vor diesem Hintergrund führt Greenpeace eine eigene, korrigierte Rechnung der Gesamtwerte für das Jahr 2011 durch. Dabei wird der Neutronenhintergrund für das erste Halbjahr mit 0,025 (statt 0,032) mSv angesetzt. Für Gammastrahlung wird im ersten Halbjahr ein Beitrag von 0,050 mSv und im zweiten Halbjahr ein Beitrag von 0,014 mSv angesetzt. In der Summe ergeben diese drei Korrekturen eine Steigerung gegenüber dem NMU-Gesamtwert (0,233 mSv) von 0,071 mSv, so dass das Endergebnis laut Greenpeace bei 0,304 (bzw. 0,305) mSv im Jahr 2011 liegt – und damit nicht nur oberhalb des Eingreifwerts von 0,270 mSv/a, sondern sogar knapp oberhalb des Grenzwerts von 0,300 mSv/a.

4.6. Vergleich und Bewertung

Die drei von Greenpeace vorgetragenen Argumente sind nach einer ersten Prüfung unterschiedlich zu beurteilen:

Das erste Argument zum Neutronen-Hintergrund wirkt – soweit die Zahlen bestätigt werden können – nachvollziehbar: Eine Hintergrundmessung bezieht sich, wie auch von der PTB ausführlich dargestellt, immer auf bestimmte saisonale Randbedingungen. Darüber hinaus können unterschiedliche Detektorsysteme im Prinzip immer auch unterschiedlich hohe, messtechnische bedingte Hintergrundbeiträge zu einem Messwert liefern. Insofern scheint es insgesamt wenig überzeugend, den PTB-Hintergrundwert für das zweite Halbjahr vom NLWKN-Messwert für das erste Halbjahr abzuziehen. Der demnach anzusetzende Korrektur-Beitrag von 0,007 mSv/a begründet für sich allerdings nur etwa ein Zehntel der von Greenpeace insgesamt vorgeschlagenen Korrektur.

Das zweite von Greenpeace vorgetragene Argument wirkt im Prinzip ebenfalls schlüssig. Inwieweit der daraus abgeleitete Korrekturwert (der maßgeblich zur von Greenpeace behaupteten Gesamt-Verschiebung beiträgt) allerdings als zutreffend einzuschätzen ist, kann hier mangels publizierter Informationen über die Herangehensweise und die Genauigkeit bzw. Zuverlässigkeit der NLWKN-Messungen (auf die sich Greenpeace beruft) nicht beurteilt werden. Interessant wäre vor allem, inwieweit der NLWKN seine eigene Messung als statistisch robust bewertet bzw. welche Fehlergrenzen er dafür angibt. Eine nachträgliche Ersetzung des NLWKN-Wertes erschiene nur dann naheliegend, wenn diese frühere Messung als fehlerhaft oder wesentlich ungenauer als der spätere PTB-Wert identifiziert würde; anderenfalls wäre der frühere Wert wohl tatsächlich repräsentativer für die wahren Verhältnisse vor Ort im ersten Halbjahr.

Das dritte Argument wirkt aus sich heraus nicht vollkommen verständlich. Zwar ist es richtig, dass gerade die Gammastrahlungs-Messungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind, und dass fehlerbehaftete Messwerte nicht notwendigerweise eine präzise Aussage über den (unbekannten) wahren Wert der Messgröße machen. Dass es jedoch schlicht „falsch“ sei, den Gamma-Wert – wie von der PTB vorgeschlagen – auf Null zu setzen, lässt sich daraus nicht zwingend folgern. Allenfalls ließe sich darüber nachdenken, ob durch noch genauere bzw. zahlreichere Referenzmessungen die Prognose „Null“ entweder weiter erhärtet oder aber widerlegt werden könnte.

Die Aussage zur „sekundären Gammastrahlung“ schließlich könnte evtl. darauf hindeuten, dass Greenpeace ähnliche Überlegungen vorgenommen hat, wie sie hier zuvor bez. des Skyshine-Effekts angestellt wurden. Daraus unmittelbar einen Korrekturwert abzuleiten, erscheint jedoch übereilt. Zur besseren Beurteilung dieses Zusammenhangs müsste wohl vielmehr darüber nachgedacht werden, ob sich entweder durch vertiefte theoretisch-physikalische Betrachtungen oder durch ein noch ausgefeilteres experimentelles Vorgehen ein genaueres Verständnis dieses Effekts und seines möglichen Beitrags zu den Strahlungswerten erzielen ließe.

5. Fazit

Insgesamt lässt sich feststellen, dass aufgrund mehrerer Messungen ein relativ genaues Bild von den gegenwärtig vorherrschenden Strahlungswerten rund um das Transportbehälterlager Gorleben besteht. Zu diesem Bild gehört allerdings auch, dass speziell die Werte für Gammastrahlung sich nur mit relativ großen Unsicherheiten bestimmen lassen.

Zu Meinungsverschiedenheiten führen die Schwierigkeiten der Interpretation der Daten. Während die Messungen (soweit publiziert) solide scheinen, wirkt ihre Auswertung bisher weniger überzeugend; insbesondere fehlt eine Gesamtschau, aber auch eine kritische Auseinandersetzung mit Unsicherheiten und Fehlergrenzen. Für Außenstehende ist eine solche Auseinandersetzung bisher auch deshalb nicht möglich, weil Messberichte in ihrer Gesamtheit teilweise (noch) nicht öffentlich zugänglich sind.

Verbleibende Unklarheiten rühren wesentlich aus der schwierigen Zuordnung der Kausalitäten und der Herkunft von Strahlung aus dem Transportbehälterlager bzw. aus anderer Quelle. Im Vergleich dazu ist die Frage, wie alte Messungen mit neuen zu kombinieren seien, relativ leicht entscheidbar: Soweit die älteren Werte als ebenso zuverlässig wie die neuen gelten können, sollten sie idealerweise getrennt behandelt und nicht im Rahmen der Hintergrund-Subtraktion miteinander vermischt werden.

Bezüglich der Messunsicherheiten insbesondere zum Gammastrahlungs-Hintergrund ist es im Prinzip denkbar, dass diese durch noch intensivere Messungen evtl. noch weiter verringert werden könnten. Im Übrigen erscheint als unwissenschaftlich nicht so sehr der überwiegende Umgang mit Messunsicherheiten und Fehlergrenzen. Wenig wissenschaftlich ist vielmehr im Grunde bereits die Vorstellung, es sei aufgrund von Messungen eindeutig zu entscheiden, ob ein bestimmter Schwellenwert über- oder unterschritten wird. Der Erfahrung in den experimentellen Naturwissenschaften entspricht es, dass Messungen oft nur mehr oder weniger genaue Hinweise auf den (unbekannten) „wahren“ Wert der Messgröße liefern. Gerade wenn die unvermeidlichen Fehlergrenzen relativ breit bzw. der „Sicherheitsabstand“ zwischen Messwert und Schwelle relativ gering ist, sind eindeutige Schlüsse kaum möglich, sondern allenfalls noch statistische Wahrscheinlichkeitsaussagen. Die vom NMU publizierten Werte würden nach dieser Sichtweise darauf hindeuten, dass der wahre Wert für die Umgebungs-Äquivalentdosis mit einer Wahrscheinlichkeit von wohl deutlich mehr als 50%, aber weniger als 100% den Eingreifwert unterschreitet. Die Greenpeace-Daten würden umgekehrt dafür sprechen, dass der wahre Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von etwas mehr als 50% den Grenzwert überschreitet.

Die Frage, wie eine solche Lage der Dinge rechtlich und/oder politisch zu bewerten wäre, kann hier nicht beantwortet werden. Aufgrund ihrer Komplexität bedürfte eine Klärung wohl eines interdisziplinären Herangehens und einer wissenschaftlichen Expertendiskussion auf größerer Skala. Erste Eindrücke von einem möglichst rationalen Umgang mit Unsicherheiten und Messfehlern im Bereich des Strahlenschutzes liefert z.B. einer der jüngsten Tagungsbände der Strahlenschutzkommission (SSK 2011, vgl. darin die Beiträge von Zeeb, Breckow, Wiedemann/Schütz bzw. Huthmacher 2011). Falls bezüglich des TBL-G ein neuer Anlauf zu einer Gesamtauswertung genommen werden sollte, dann erschiene daher möglicherweise die SSK als organisatorischer Rahmen geeignet, um Wissenschaftler aus allen betroffenen Fachdisziplinen (Kernphysik, Strahlenschutz, Messtechnik, mathematische Statistik...) im Rahmen einer interdisziplinären Anstrengung zusammenzubringen.

6. Quellen und Literatur

- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2010). Regelungsgehalt der Aufbewahrungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Gorleben vom 02.06.1995 in der Fassung der 4. Änderungsgenehmigung vom 29.01.2010 (nicht-amtliche Lesefassung). Im Internet: www.bfs.de/de/transport/gv/zwischenlager/lesefassung_4_aenderungsgenehmigung_tblg.pdf [08.11.2011].
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2011). Zentrales Zwischenlager Gorleben – Erteilte Genehmigungen. Im Internet: http://www.bfs.de/de/transport/zwischenlager/zentrale_zwischenlager/gorleben.html [08.11.2011].
- Breckow, Joachim (2011). Möglichkeiten des quantitativen Risikovergleichs. In: SSK (2011).
- FZJ - Forschungszentrum Jülich (2011). Glossar Strahlenschutz.
Im Internet: <http://www2.fz-juelich.de/gs//genehmigungen/glossar-strlsch/>.
- GNS – Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (2011). Zwischenlager Gorleben: PTB bestätigt Einhaltung aller Grenzwerte (26.09.2011). Im Internet: <http://www.gns.de/language=de/taps=4986/8634> [08.11.2011].
- Greenpeace (2011). Strahlengrenzwert überschritten - Greenpeace Analyse der Strahlenmessungen am Zwischenlager Gorleben. Im Internet: www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/atomkraft/GP_Analyse_Strahlenmessung_final3.pdf.
- Gruppen, Claus (2010). Introduction to radiation protection: practical knowledge for handling radioactive sources. Heidelberg u.a.: Springer.
- Huthmacher, Karl Eugen (2011). Aspekte der Grenzwertfestlegung und Vorsorge. In: SSK (2011), S. 269-276.
- Krieger, Hanno (2007). Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes. Wiesbaden: Teubner.
- NMU – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (2011). Prüfungen zur CASTOR-Einlagerung in Gorleben abgeschlossen. Im Internet: http://www.mu1.niedersachsen.de/portal/live.php?&article_id=99143&navigation_id=2367&psmand=10 [08.11.2011].
- PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt (2011a). Umgebungsdosimetrie am Transportbehälterlager Gorleben (TBL) – Bericht über Messungen im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz (Auftrag vom 31. August 2011). Im Internet: <http://www.mu1.niedersachsen.de/download/61267> [08.11.2011].
- PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt (2011b). Gamma-Umgebungsdosimetrie am Transportbehälterlager Gorleben (TBL) – Ausführlicher Teilbericht über Messungen der Gamma-Ortsdosisleistung im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz (Auftrag vom 31. August 2011). Im Internet: <http://www.mu1.niedersachsen.de/download/62158> [14.11.2011].
- SSK – Strahlenschutzkommission (2011). Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung – Klausurtragung der Strahlenschutzkommission am 05./06. November 2009. Reihe Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 66. Berlin: Hoffmann Fachverlag.
- TÜV Nord (2011a). Bericht an das NMU vom 7.10.2011, Titel „Transportbehälterlager Gorleben – Erfüllung der Nebenbestimmung A20 – hier: Berechnungsergebnisse der Ortsdosisleistung am Zaun“.
- TÜV Nord (2011b). Bericht an das NMU vom 18.10.2011, Titel „Transportbehälterlager Gorleben – Erfüllung der Nebenbestimmung A20 – hier: Berechnungsergebnisse der Ortsdosisleistung am Zaun für die optimierte Lagerbelegung“.
- Wiedemann, Peter M.; Schütz, Holger (2011). Kommunikation über Unsicherheiten der Risikoabschätzung. In: SSK (2011), S. 247-268.
- Zeeb, Hajo (2011). Risiken, Wahrscheinlichkeiten, Unsicherheiten – Erkenntnisgewinn für den Strahlenschutz. In: SSK (2011), S. 17-30.