Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Postfach 10 10 62, 31110 Hildesheim

Dezernat 1.6: Radiologische Überwachung
Dezernat 1.7: Radioökologie

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Hildesheim, 13. Februar 2001

Bericht

über die Sonderuntersuchung der Belastung des Bodens der Elbmarsch mit Alphastrahlern (Zusammenfassung)

Mit der Beauftragung des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ), ein Sonderuntersuchungsprogramm durchzuführen, reagierte das Niedersächsische Umweltministerium unmittelbar auf die Bitte der Ministerin für Frauen, Arbeit und Soziales (MFAS), die von Herrn Dipl.-Ing. Heinz Werner Gabriel beschriebenen hohen Kontaminationen des Bodens der Elbmarsch mit stark alphastrahlenden Partikeln (Plutonium, Americium, Curium), einhergehend mit einer hohen Kontamination durch die Betastrahler Tritium und Plutonium-241, zu überprüfen. Ziel der Untersuchung war primär die Prüfung, ob Sofortmaßnahmen (wie Absperrungen, Aufenthaltsbeschränkungen etc.) erforderlich waren. Gleichzeitig sollte untersucht werden, in wie weit die bis zum Abschluss der Untersuchungen am 12.02.01 nur mündlich bzw. in Fragmenten vorliegenden Ergebnisse des für die Bürgerinitiative „Leukämie in der Elbmarsch“ tätigen Herrn Dipl.-Ing. Gabriel reproduzierbar waren.

In Absprache mit Herrn Gabriel und in seinem Beisein wurden am 27.01.01 in der Elbmarsch im Bereich Tespe vom NLÖ Bodenproben genommen. Vor Ort wurden vom NLÖ erste Messungen durchgeführt. In den folgenden zwei Wochen erfolgten die Laboruntersuchungen im NLÖ.

Die vom NLÖ durchgeführten Untersuchungen bestätigten weder den Verdacht einer Kontamination mit alphastrahlenden Partikeln noch den Verdacht einer Kontamination mit den Betastrahlern Tritium und Plutonium-241. Alle Untersuchungsergebnisse des NLÖ weisen auf eine für Niedersachsen typische Belastung mit natürlichen Radionukliden und eine typische Belastung mit Cäsium-137 durch den Reaktorunfall in Tschernobyl hin.

Eine Belastung durch natürliche Radionuklide gilt besonders auch für die von Herrn Gabriel als stark kontaminiert bezeichneten Regentraufen am Tennisplatz und an einer Abtropfstelle unterhalb eines Reetdaches.

Das erst nach Abschluss dieser Untersuchungen am 12.02.2001 von der ARGE PhAM vorgelegte Gutachten geht in seinen Aussagen nicht über die bisher von Herrn Gabriel mündlich getroffenen Aussagen hinaus. Es bleibt festzuhalten, dass die von der ARGE PhAM angeführten dominierenden Aktivitätsträger Tritium, Americium, Plutonium, Uran und Thorium nicht oder nur in erwarteten Gehalten (Uran und Thorium) vorhanden sind.

Aus den Ergebnissen des NLÖ kann nicht geschlossen werden, dass die Aktivitätsgehalte in der Elbmarsch keine Ähnlichkeit mit den Einflüssen des Fallouts (Kernwaffenversuchen/Tschernobyl) haben.

Für eine Ausdehnung der Untersuchungen gibt es auf Grundlage der vom NLÖ vorgelegten Messwerte im Bereich der Elbmarsch keine Notwendigkeit.

für Probenahme
und Laboruntersuchung
Im Auftrage

gez. Dr. W. Städe

für in-situ-Gammaspektrometrie
und Dosisleistungsmessung
Im Auftrage

gez. Dipl.-Physiker H.-Ch. Salfeld

Bericht über die Sonderuntersuchung der Belastung des Bodens der Elbmarsch mit Alphastrahlern

Mit der Beauftragung des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ), ein Sonderuntersuchungsprogramm durchzuführen, reagierte das Niedersächsische Umweltministerium unmittelbar auf die Bitte der Ministerin für Frauen, Arbeit und Soziales (MFAS), die von Herrn Dipl.-Ing. Heinz Werner Gabriel beschriebenen hohen Kontaminationen des Bodens der Elbmarsch mit stark alphastrahlenden Partikeln (Plutonium, Americium, Curium) einhergehend mit einer hohen Kontamination durch die Betastrahler Tritium und Plutonium-241, zu überprüfen. Ziel der Untersuchung war primär die Prüfung, ob Sofortmaßnahmen (wie Absperrungen, Aufenthaltsbeschränkungen etc.) erforderlich waren. Gleichzeitig sollte untersucht werden, in wie weit die bis zum Abschluss der Untersuchungen am 12.02.01 nur mündlich bzw. in Fragmenten vorliegenden Ergebnisse des für die Bürgerinitiative „Leukämie in der Elbmarsch“ tätigen Herrn Dipl.-Ing. Gabriel reproduzierbar waren.

In Absprache mit Herrn Gabriel und in seinem Beisein wurden am 27.01.01 in der Elbmarsch im Bereich Tespe vom NLÖ Bodenproben genommen. Vor Ort wurden vom NLÖ erste Messungen durchgeführt. In den folgenden zwei Wochen erfolgten die Laboruntersuchungen im NLÖ.

Über die Ergebnisse der Untersuchungen des NLÖ wird hier berichtet.

Art und Durchführung der Probenahme

Die Bodenprobenahme, die Dosisleistungsmessung und die in-situ-Gammaspektrometrie wurden am 27.01.01 im Bereich Tespe vom NLÖ durchgeführt. Die Entnahme von Bodenproben erfolgte durch Herrn Dr. Wolfgang Städe, die Dosisleistungsmessung und die in-situ-Gammaspektrometrie durch Herrn Dipl.-Phys. Christoph Salfeld und Herrn Dipl.-Ing. Herbert Schulz.

Die Bodenproben wurden zwischen ca. 9:45 und 13:30 Uhr in Gegenwart von Herrn Ministerialdirigent Dr. Sporn vom MFAS und von Herrn Dipl.-Ing. Gabriel genommen. Weiterhin war das Ehepaar Dieckmann als Beobachter anwesend. Die Dosisleistungsmessungen erfolgten parallel zur Probenahme. Die in-situ-Gammaspektrometrie wurde, außer bei der ersten Probenahmestelle, auf Wunsch des Vertreters des Sozialministeriums von den Mitarbeitern des NLÖ nach Abschluss der Probenahme ohne Begleitung durch Herrn Dr. Sporn und Herrn Gabriel durchgeführt.

Die Probenahme erfolgte in unmittelbarer Nähe von fünf Stellen, an denen entsprechend dem angekündigten Gutachten Proben entnommen wurden. In jedem Fall erfolgte vor Ort eine direkte Absprache mit Herrn Gabriel und dem Vertreter des Sozialministeriums.

Die Probenahmestellen lagen in unmittelbarer Nähe von Bäumen. Bei der Festlegung der Probenahmestellen wurde von Herrn Gabriel Wert darauf gelegt, dass in den letzten 20 Jahren keine Erdbewegungen vorgenommen worden waren. Dieses war nach Ansicht Herrn Gabriels am ehesten im Wurzelbereich von Bäumen gewährleistet (vergl. Abbildung 1).

An jeweils einer Fläche von etwa 400 cm^2 wurde die Grasnarbe abgestochen und die obere, stark humushaltige Schicht abgetragen. Repräsentative Teile (1 - 2 l) des Abtrages wurden in Weithalspolyetylenflaschen eingefüllt und fest verschlossen. Die Stärke dieser Schicht betrug ca. 5 - 10 cm. Diese Proben waren nach Angabe von Herrn Gabiel nicht zu beachten. Diese Proben, im Folgenden als „Nebenproben“ bezeichnet, wurden vom NLÖ dennoch gammaspektrometrisch untersucht. In den Ergebnistabellen wird dieser Horizont „0 - 10 cm“ genannt.

Das gesamte Material der folgenden etwa 10 cm betragenden oberen Schicht des stark sandhaltigen Bodens (4 – 4,5 l) wurde in eine 5 l-Weithalspolyetylenflasche eingefüllt. Die Probengefäße wurden fest verschlossen. Da alle Aussagen von Herrn Gabriel sich auf diese Schicht beziehen, wurden vornehmlich diese Proben untersucht. In den Ergebnistabellen wird dieser Horizont „10 - 20 cm“ genannt. Wegen des unebenen Geländes und der starken Durchwurzelung (vergl. Abbildung 2) des Probenentnahmebereiches können die Probenahmetiefen nur näherungsweise angegeben werden. In jedem Fall wurde der Horizont der Probenahme aber vor Ort mit HerrnGabriel abgestimmt. Im Vordergrund stand bei der Auswahl der zu untersuchenden Schicht die Abstimmung mit Herrn Gabriel.

Über den Vorschlag von Herrn Gabriel hinausgehend wurde, falls möglich, eine weitere Probe aus der gleichartigen, aber tieferen Schicht (>20 cm Tiefe) entnommen und für eine eventuelle spätere Untersuchung aufbewahrt.

An zwei Stellen wurden in der Nähe der Stellen der Bodenprobenahme unter Regenwassereinläufen auch Steinproben genommen (Abbildung 3 und 4).

Die Lage der Probenahmestellen ist aus den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich.

Des weiteren wurde, ebenfalls über den Vorschlag von Herrn Gabriel hinausgehend, auf Wiesenflächen in der Nähe der Probenahmestellen Referenzbodenproben genommen.

In diesem Bericht wird auch auf Referenzproben aus dem weiter oberhalb gelegenen Vordeichgebiet der Elbe Bezug genommen.

Bei der Ausführung der Probenahme musste von der im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen vorgeschriebenen Entnahme von repräsentativen Proben abgewichen werden, um exakt die von Herrn Gabriel beschriebenen Stellen und Schichten zu untersuchen.

Die Bezeichnung der Probenahmestellen folgt der von Herrn Gabriel vorgenommenen Bezeichnung und Nummerierung. Zusätzlich werden die laborinternen Probenummern der Laboruntersuchungen des NLÖ mit aufgeführt.

Tabelle 1: Lage und Bezeichnung der Probenahmestellen:

Probenahmestellen	Nr. nach Herrn Gabriel	Nr. Karte NLÖ
• Fährhaus Tespe		
Boden	1.1	1
• Tennisplatz		
1. Boden Nähe Parkplatz	1.22	3
2. Traufe (Steine)	1.25	2
• Tespe Hafen		
Boden	1.34	5
• Kriegerdenkmal		
Boden	1.2	4
• Kate		
1. Boden	1.27	6
2. Steine unter Reetdach	------	

Referenzprobenahmestellen des NLÖ

- Wiese neben Fährhaus Tespe (Boden)
- Wiese neben Tennisplatz (Boden)
- Boden vom Vordeichgebiet der Elbe (Flusskilometer 494 - 495 km) aus anderen Messprogrammen des NLÖ

Art und Durchführung der Messungen

Um eine erste Gefährdungsabschätzung vornehmen zu können, wurden vor Ort am 27.01.01 Kontaminationsmessungen mit Großflächenzählern zur Erfassung hoher Kontaminationen mit Alpha- und Betastrahlern, Dosisleistungsmessungen sowie in-situ-Gammaspektrometrie durchgeführt. Nur die beiden letzteren Direktmessungen sind anerkannte Messverfahren der Umgebungsüberwachung und werden im Folgenden diskutiert. Die Kontaminationsmessungen dienten primär dazu, eventuelle Schutzmaßnahmen für die Person des Probenehmers nach Erkennen einer von Herrn Gabriel beschriebenen hohen Kontamination einzuleiten. Da die Messwerte nur auf die natürliche Strahlung der Umgebung hinwiesen und die Proben ohnehin im Labor untersucht werden sollten, konnte auf eine Aufzeichnung verzichtet werden.

Messungen vor Ort

Um die von Herrn Gabriel geäußerte Gefährdung der Bevölkerung (Aufenthalt an den bezeichneten Orten) auszuschliessen, wurden dort zunächst Dosisleistungsmessungen durchgeführt. Diese Dosisleistungsmessungen wurden durch die ebenfalls noch am Messtag durchgeführte in-situ-Gammaspektrometrie mit nachfolgender ad-hoc- Auswertung der Messungen ergänzt. Die Orte der Messungen wurden entsprechend der Festlegung der Stellen der Bodenprobenahme vom Vertreter des MFAS (Herrn Dr. Sporn) aufgrund der Vorschläge von Herrn Gabriel vorgegeben. Zusätzlich wurde eine in-situ-Gammaspektrometrie auf einer Wiese am Messpunkt “Fährhaus” durchgeführt.

Die Orte der Messungen sind mit am gleichen Tage aufgenommenen Digitalfotografien, entsprechenden Skizzen und Auswertung von Daten des Global Positioning Systems (GPS) dokumentiert.

Alle Messungen der Dosisleistung erfolgten mit dem Messgerät der Fa. Automess, Typ 6150 AD6 im Bereich der Probenahmestellen, Höhe über dem Boden von 0,10 m bis 1,00 m. Die angegebenen Werte der Dosisleistung sind Mittelwerte mit einem Schwankungsbereich von ca. $\pm$ 5 nSv/h. Aufgrund seiner hohen Empfindlichkeit ist dieses Messgerät in der Lage, auch die natürliche Gamma-Hintergrundstrahlung, bestehend aus terrestrischer und kosmischer Strahlung, mit genügender Genauigkeit zu ermitteln.

Bei der in-situ-Gammaspektrometrie wird ein hochauflösender Reinstgermanium-Detektor in 1,00 m Höhe über dem Erdboden positioniert. Das Messsystem mittelt über eine im Prinzip unendlich ausgedehnte Fläche, für praktische Auswertungen geht man von einer Mittelungsfläche mit einem Umkreis von ca. 30 m aus. Auch in tieferen Bodenschichten vorhandene Gammastrahler tragen zum Messergebnis bei. Der Vorteil

des hier angewandten Messverfahrens der unkollimierten Messung liegt darin, dass das Ergebnis repräsentativ für eine große Fläche bzw. auch deren tiefere Bodenschichten ist. Zur Berechnung der nuklidspezifischen Konzentration von gammastrahlenden radioaktiven Stoffen sind Annahmen über die Verteilung dieser Stoffe im Boden vorzugeben. Für die im Boden vorhandenen Nuklide der „natürlichen Zerfallsreihen“ sowie K-40 wird üblicherweise eine homogene Verteilung vorausgesetzt, für künstliche Nuklide eine exponentielle Verteilung. Die Vorgabe des ggf. nicht genau bekannten Verteilungsmodells erhöht die Unsicherheit des Messergebnisses erheblich. Diesem Nachteil steht jedoch der Vorteil einer repräsentativen Aussage und eines schnell verfügbaren Ergebnisses gegenüber. Deshalb wurde dieses Messsystem bei den hier berichteten Untersuchungen zur schnellen Gefahrenanalyse eingesetzt.

Laboruntersuchungen

Mit der Untersuchung der Proben im Labor wurde unverzüglich am 27.01.01 ca. um 18:00 Uhr begonnen.

Da primär Fragen der Gefahrenabwehr zu klären waren, kam der schnellen Übersichtsanalyse besondere Bedeutung zu. Dabei standen die Überprüfung der Homogenität der Bodenproben bezüglich Alpha- und Betastrahler, die Ermittlung der Summe der Alphastrahler (Gesamtalphaaktivität) und der Summe der Betastrahler (Gesamtbetaaktivität), die Tritiumbestimmung sowie die gammaspektrometrische Untersuchung im Vordergrund.

In den folgenden Tagen wurden die Untersuchungen durch weiterführende spektrometrische Verfahren (Alphaspektrometrie, Gammaspektrometrie mit zusätzlicher Erfassung niederenergetischer Gammastrahler, Plutonium-241- Bestimmung über Betaspektrometrie) ergänzt. Die im Rahmen der ersten Überprüfung der Probe durchgeführten Untersuchungen der Gesamtalpha- und der Gesamtbetaaktivität wurden durch Untersuchung der homogenisierten Gesamtproben wiederholt.

Mit der gammaspektrometrischen Untersuchung kann auch Americium-241 (Am-241), ein Zerfallsprodukt des Plutoniums-241 (Pu-241) sicher erfasst werden. Da der Boden der Elbmarsch nach Herrn Gabriel sehr hoch mit Pu-241 belastet sei, sollte das Zerfallsprodukt Am-241 einen deutlichen Aktivitätsbeitrag liefern. Die Bestimmung der Uran- und Transuranisotope mit Hilfe der Alphaspektrometrie ergänzen diese Untersuchung. Eine Separation der sogenannten Kügelchen mit Hilfe eines Stereomikroskops und eine anschließende Aktivitätsbestimmung waren durchzuführen.

Die Vorgehensweise bei der Probenaufbereitung ist in der Anlage schematisch dargestellt. Die einzelnen Schritte der Probenvorbereitung wurden teils parallel, teils im Abstand von einigen Tagen je nach Möglichkeit durchgeführt.

Im ersten Schritt wurden die 4 - 4,5 l der Gesamtproben schonend durchmischt, da nach Herrn Gabriel mit zerbrechlichen, eine stark radioaktive Flüssigkeit enthaltenden Glaskörpern zu rechnen war. Außerdem sollten die von Herrn Gabriel als „kernbrennstoffhaltigen Kügelchen“ bezeichnete Substanz unversehrt isoliert werden können. Stichproben für die Laboruntersuchungen wurden entnommen. In mehreren Schritten wurde die Oberflächenkontamination der Gesamtprobe nach Ausbreiten auf großen Flächen gemessen.

Nach Abschluss der im Vorangehenden beschriebenen Untersuchungen wurde nach Trocknung von der gesamten Probemenge der fünf Hauptproben durch Zerkleinerung mit Hilfe einer Backenbrechermühle vom Typ BB2 der Fa. Retsch ein Probenmaterial mit einer Korngröße von < 0,5 mm hergestellt. Durch dieses Verfahren wurde sichergestellt, dass für die Abschlussuntersuchungen eine möglichst homogene Verteilung eventuell vorhandener Kontaminationen in den Proben vorlag. Jeweils etwa 200 g der Originalproben wurden zur Kontrolle zurückbehalten. In der Abschlussuntersuchung der homogenisierten Gesamtprobe wurden die Homogenitätsuntersuchung bezüglich der Alphaaktivität, die Bestimmung der Gesamtalpha- und der Gesamtbetaaktivität wiederholt sowie eine erneute gammaspektrometrische Bestimmung durchgeführt.

Soweit wie möglich wurden in der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen übliche standardisierte Messverfahren eingesetzt (Messanleitungen Umweltradioaktivität, Herausgeber Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit). Dieses war hier allerdings nur bei der Gammaspektrometrie und bei der Alphaspektrometrie uneingeschränkt möglich.

Die Bestimmungen der Gesamtalpha- und der Gesamtbetaaktivität im Boden werden wegen ihrer geringen Aussagekraft in der Umweltüberwachung nicht mehr durchgeführt. Sie sind durch die aufwendigeren, aber aussagestärkeren Einzelnuklidbestimmungen ersetzt worden. Sie werden höchstens noch für Übersichtsanalysen (sogenanntes Screening) verwandt. Diese Verfahren sind nicht mehr standardisiert. Nur im Rahmen der Emissionsüberwachung nimmt das NLÖ an Ringanalysen zur Erfassung der Gesamtalphaaktivität teil. Nur im Sinne von Übersichtsanalysen bzw. „Screening“ sollten die hier angewandten Verfahren der Gesamtalpha- und Gesamtbetabestimmung verstanden werden. Allerdings waren diese Verfahren vom NLÖ auch deshalb anzuwenden, weil sie von Herrn Gabriel eingesetzt und zum Beweis einer Kontamination genutzt wurden.

Folgende Verfahren wurden bei der Bodenuntersuchung eingesetzt:

- Kontaminationsmessung (Alpha/Beta)
- Prüfung der Homogenität der Proben (Gesamtalphazählrate)
- Ermittlung der Aktivität der gammastrahlenden Radionuklide durch Gammaspektrometrie
- Bestimmung der Gesamtalphaaktivität
- Bestimmung der Gesamtbetaaktivität
- Bestimmung des Tritiumgehaltes des Bodens
- Alphaspektrometrie (Uran-, Plutonium-, Americium-, Curiumisotope)
  - Nachfolgende Bestimmung des Betastrahlers Pu-241
- Separation kugelförmiger Gebilde mit anschließender Bestimmung der Alphaaktivität

Kontaminationsmessung (Alpha/Beta)

Für insgesamt vier unterschiedliche Messvorgänge wurde zu unterschiedlichen Zeitpunkten das gesamte luftgetrocknete Material der fünf Hauptproben mit möglichst geringer Schichtdicke auf Filterbögen aufgetragen. Mit Großflächen-Handmonitoren des Typs Contamat FHT 111 G-F der Fa. Frieseke & Hoepfner bzw. LB 122 der Fa. Berthold wurde die Alpha-/Betakontamination gemessen. Diese Untersuchung konnte z.T. erst nach Durchführung der Messungen, die nur mit der feuchten Orginalsubstanz durchzuführen waren, durchgeführt werden (vergl. Schema der Probenaufbereitung in der Anlage).

Mit dieser Messung sollten hohe Kontaminationen der Proben mit von Herrn Gabriel angenommenen stark alpha- und betastrahlen Partikeln erkannt werden.

Prüfung der Homogenität der Proben (Gesamtalphazählrate)

Zwei Anteile von etwa 100 g der fünf Hauptproben wurden getrocknet, 10 x 1 g wurden entnommen und auf 6-cm-Messschälchen übertragen und parallel 2 x 10 Minuten gemessen (Relativmessung in Impulsen pro Minute). Der gesamte Vorgang wurde mit weiteren 10 x 1 g der getrockneten, zerkleinerten und homogenisierten Hauptproben wiederholt.

Diese orientierenden Messungen wurden mit Hilfe von low-level-Messplätzen des Typs LB 770 der Firma Berthold (Argon-Methan-Durchflusszähler) durchgeführt.

Mit dieser Untersuchung sollten von Herrn Gabiel vermutete Inhomogenitäten der Probe in Hinsicht auf Alphaaktivität erkannt werden. Gegebenfalls sollten Teilproben für eine differenzierte spektrometrische Untersuchung erhalten werden.

Aktivität der gammastrahlenden Radionuklide

Je 1 l der fünf Hauptproben wurde noch feucht in 1-l-Marinellibecher gefüllt und parallel auf unterschiedlichen Halbleiterdetektoren (z.T. mit n-type-Halbleiterdetektoren) jeweils etwa 60 000 - 80 000 Sekunden gemessen. Die Ergebnisse werden auf das Volumen sowie auf Bq/kg Feuchtmasse (FM) bezogen.

Die Messungen wurden ergänzt durch gammaspektrometrische Untersuchungen aller getrockneten, zerkleinerten und homogenisierten Hauptproben mit n-type-Halbleiterdetektoren zur sicheren Erfassung des niederenergetischen Energiebereiches (< 100 keV). Hiermit werden auch Americium-241 (Am-241) und Blei-210 (Pb-210, das Zerfallsprodukt von Radium-226, sicher erfasst, Uran-238 lässt sich über Tochternuklide bestimmen. Die Ergebnisse werden auf Bq/kg Trockenmasse (TM) bezogen.

Einige der erwarteten natürlichen Glieder der Uran-/Thoriumzerfallsreihen, wie. z.B. Uran-238 (U-238), Radium-226 (Ra-226) oder Thorium-232 und Radium-228 (Ra-228) werden gammaspektrometrisch über ihre Tochternuklide bestimmt. In den Ergebnistabellen unterbleibt teilweise die Angabe des Muttenuklides.

Das angewandte Verfahren ist standardisiert und ist durch regelmäßige Teilnahme des NLÖ an Ringanalysen abgesichert.

Gesamtalphaaktivität:

Von den getrockneten fünf Hauptproben wurden in drei Messvorgängen (siehe Schema der Probenvorbereitung in der Anlage) je 1 g auf 20-cm-Messschälchen aufgebracht und 2 x 100 Minuten gemessen. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in Bq/kg Trockenmasse. Als Messgerät dienten zwei Methan-Durchflusszähler FHT 700B mit Großflächenzählrohren 650 C1/C2 der Fa. Frieseke & Hoepfner. Die Messplätze wurden mit Natururan kalibriert.

Die Bestimmung der Gesamtalphaaktivität für Bodenproben ist nicht standardisiert. Erfahrungen liegen im NLÖ aus dem Bereich der Emissionsüberwachung mit Teilnahme an entsprechenden Ringanalysen vor.

Ein deutlicher Beitrag der natürlich vorhandenen allesamt Alphastrahlen emittiernden Glieder der Uran- und Thoriumzerfallsreihen ist zu erwarten. Da in den Proben auch durch die Probenbehandlung das natürliche Gleichgewicht wegen des Entweichens des vorhandenen Radons gestört ist, können die Ergebnisse stark schwanken. Die Ermittlung der Gammaaktivität der Proben gibt einen Hinweis auf die Belastung durch die natürlichen Alphastrahler.
Die Bestimmungen der Gesamtalphaaktivität wurden durchgeführt, da sich nach Angaben von Herrn Gabriel hierbei eine erhöhte Belastung der Elbmarsch mit Alphastrahlern erkennen ließe.

Gesamtbetaaktivität

Zwei Anteile von etwa 100 g der fünf Hauptproben wurden getrocknet, 1 g wurde entnommen und auf 6-cm-Messschälchen übertragen und parallel 2 x 20 Minuten gemessen (Relativmessung in Impulsen pro Minute). Der gesamte Vorgang wurde mit weiteren 10 x 1 g der getrockneten, zerkleinerten und homogenisierten Anteilen der Hauptproben bei einer Messzeit von 2 x 30 Minuten wiederholt (siehe Schema der Probenvorbereitung in der Anlage).

Die Messung der Gesamtbetaaktivität wurde mit Hilfe von low-level-Messplätzen des Typs LB 770 der Firma Berthold (Argon-Methan-Durchflusszähler) mit 6-cm-Messschälchen durchgeführt (Messung im sogenannten Betaplateau). Die Messplätze wurden mit Kaliumchlorid (Kalium-40) kalibriert.

Ein deutlicher Beitrag des natürlichen Radionuklids Kalium-40 (K-40) ist zu erwarten. Die K-40-Gehalte der Proben werden über die gammaspektrometrische Untersuchung der Proben ermittelt. Des weiteren ist ein deutlicher Beitrag der natürlichen, auch betastrahlenden Glieder der Uran- und Thoriumzerfallsreihen zu erwarten. Hinsichtlich des gestörten radioaktiven Gleichgewichtes und der möglichen Schwankungen der Ergebnisse gelten die bei der Gesamtalphaaktivität getroffenen Aussagen.

Die Bestimmung der Restbetaaktivität ist nicht mehr standardisiert. Im NLÖ liegen jedoch langjährige Erfahrungen mit dieser Bestimmung im Rahmen der Umgebungsüberwachung vor.

Die Bestimmungen der Gesamtbetaaktivität waren durchzuführen, da sich nach Angaben von Herrn Gabriel hierbei eine erhöhte Belastung der Elbmarsch mit Betaastrahlern erkennen ließe.

Tritium

Nach Angaben von Herrn Gabriel lag eine hohe Kontamination durch Tritium durch „stark tritiumhaltige Borhydridkristalle“ vor.

Vom NLÖ wurde untersucht, ob in den Bodenproben, unabhängig von der Art der Kontamination, Tritium vorlag. Dazu wurden je 50 g der Feuchtsubstanz der fünf Hauptproben mit 30 ml tritiumarmem Wasser versetzt. Die Proben wurden erhitzt. Das gesamte freie Wasser der Probe wurde zusammen mit dem zugegebenen Wasser abdestilliert. Das Destillat wurde zur Vermeidung von Verunreinigungen (Schwelgase der bis zur Trockene eingeengten Probe) erneut destilliert. Im Destillat wurde Tritium mit Hilfe eines Flüssigkeits-Szintillationszählers des Typs 1220 Quantulus der Firma LKB-Wallac bestimmt.

Die Tritiumgehalte werden auf den Gehalt an Trockenmasse des Bodens bezogen. Das Verfahren der Tritiumbestimmung in Wasser (Oberflächenwasser, Grundwasser etc.) ist standardisiert und im NLÖ durch regelmäßige Teilnahme an Ringanalysen abgesichert. Für die notwendige Probenvorbereitung der Bodenproben gibt es jedoch kein standardisiertes Verfahren. Hier wurde für die vorliegende Problemstellung eigens ein Verfahren der Probenvorbereitung entwickelt: durch Erhitzen und Abdestillation des Wassers wird das verfügbare Tritium vollständig erfasst.

Die Bestimmungen des Tritiums waren durchzuführen, da nach Angaben von Herrn Gabriel Tritium wesentlich zur Radioaktivitätsbelastung des Bodens der Elbmarsch beiträgt.

Alphaspektrometrie (Uran-, Plutonium-, Americium-, Curiumisotope)

Je 2,5 g der getrockneten Hauptproben wurden mit Salpetersäure aufgeschlossen. Für Uran, Plutonium und Americium/Curium wurden die entsprechenden radiochemischen Trennungsgänge (siehe Anlage) durchgeführt. Die Radionuklide wurden nach Präparation alphaspektrometriert.

Zur Erfassung von Am-243 musste die Probe mit Am-241 geträgert werden, zur Erfassung von Am-241 ist eine Trägerung mit Am-243 erforderlich. Beide Americiumbestimmungen wurden parallel durchgeführt.

Das angewandte Verfahren ist standardisiert und durch wiederholte Teilnahme des NLÖ an Ringanalysen abgesichert.

Plutonium-241

Plutonium-241 (Pu-241) ist ein reiner Betastrahler mit einer Halbwertszeit von 14,4 Jahren. Es zerfällt in Americium-241 (Am-241), einen Alpha-, Beta- und Gammastrahler.

Als Bestimmungsverfahren für Pu-241 kann wie bei der Bestimmung der anderen Plutoniumisotope die zeitaufwendige Methode der ICP-Massenspektrometrie eingesetzt werden. Dieses Verfahren steht z.B. in den Universitäten Hannover und Mainz zur Verfügung. Dieses Verfahren steht im NLÖ nicht zur Verfügung. Vielmehr wurde das Pu-241 nach Beendigung der Alphaspektrometrie nach Wiederauflösen des elektrolytisch abgeschiedenen Plutoniums mit Hilfe der Flüssigkeitsszintillationspektrometrie bestimmt. Die Kalbrierung der Messanordnung erfolgt mit Tritium. Dieses Verfahren wurde nach Angaben von Herrn Gabriel auch bei seinen Untersuchungen angewandt.

Das angewandte Verfahren ist nicht standardisiert und fehleranfällig. Eine sichere Methode der Erfassung von Pu-241 - außer unmittelbar nach einer Freisetzung - ist hingegen die indirekte Bestimmung über die gammaspektrometrische Bestimmung des Toch-ternuklids Americium-241. Dabei kann ein ausreichend großer repräsentativer Anteil der Probe (1 l) untersucht werden.

Separation kugelförmiger Gebilde

Abbildung 7: Separiertes “kugelförmiges, schwarzes Teilchen”

Unter einem Stereomikroskop wurden aus den fünf Hauptproben kugelförmige Gebilde separiert. Die Gesamtalphazählrate der separierten Teilchen wurde ermittelt. Die Identifikation der Teilchen durch einen Mineralogen unterblieb aus Zeitgründen zu Gunsten einer Bestimmung der Alphaaktivität nach vollständigem Mikrowellendruckaufschluss aller Kügelchen (etwa 10 mg) mit dem Gerät MARS 5 der Fa. CEM mit Salpetersäure und Flusssäure.

Ergebnisse

Messungen vor Ort

Messpunkte “Fährhaus”, “Tennisplatz-Parkplatz”, “Denkmal”, “Hafen Tespe” und “Kate”:

Alle Messungen der Dosisleistung erfolgten mit dem Messgerät der Fa. Automess, Typ 6150 AD6 im Bereich der Probenahmestellen, Höhe über dem Boden von 0,10 m bis 1,00 m.

Bezeichnung	Bezeichnung Gabriel	Bezeichnung	Dosisleistung
MP1	1.1	Fährhaus-Baum	70 nSv/h
MP3	1.22	Tennisplatz-Parkplatz	70 nSv/h
MP4	1.2	Denkmal	60 nSv/h
MP5	1.34	Hafen Tespe	60 nSv/h
MP6	1.27	Kate	85 nSv/h

Tabelle 2 a

Die Messwerte in der weiteren Umgebung zeigten keine signifikanten Abweichungen. Die angegebenen Werte der Dosisleistung sind Mittelwerte mit einem Schwankungsbereich von ca. $\pm$ 5 nSv/h.

An den Messpunkten MP1 (Fährhaus-Baum), MP4 (Denkmal) und MP5 (Hafen Tespe) sowie zum Referenzpunkt Fährhaus-Wiese wurden zusätzlich in-situ-Messungen durchgeführt. Die Messergebnisse zeigen die im Boden typisch vorhandenen Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen des Thoriums-232 (Th-232) und des Urans-238 (U-238), die Werte liegen für die Th-232-Reihe zwischen 8 Bq/kg und 14 Bq/kg, für die U-238-Reihe zwischen 14 Bq/kg und 18 Bq/kg (bezogen auf Feuchtmasse). Sie werden durch die nachfolgenden Laboruntersuchungen bestätigt und liegen im für Niedersachsen üblichen Rahmen. Der Wert der Flächenkontamination von Cs-137 liegt bei Vorgabe einer exponentiellen Verteilung mit einer Relaxationsmassenflächendichte $\xi = 3$ kg/m^2 zwischen 540 Bq/m^2 und 550 Bq/m^2 (Messpunkte “Denkmal” und “Fährhaus-Wiese”) und damit im für Niedersachsen üblichen Rahmen. Die Werte der Kontamination mit Cs-137 an den Messpunkten MP 1 (Fährhaus-Baum) und MP 5 (Hafen-Tespe) liegen deutlich niedriger, sind aber wegen der im Sichtbereich des Spektrometers liegenden versiegelten Oberflächen nicht vergleichbar. Die berechneten Werte der Konzentration des K-40 liegen zwischen 230 Bq/kg und 350 Bq/kg. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der in-situ-Gammaspektrometrie bezogen auf die einzelnen nachgewiesenen Radionuklide mit der zugehörigen durch die Zählstatistik bedingten Messunsicherheit.

Bewertung:

Die Werte der Dosisleistung liegen in einem für die vorliegende Bodenart typischen Bereich, daher waren Strahlenschutz-Sofortmassnahmen nicht angezeigt. Nachgewiesen wurden mit der in-situ-Gammaspektrometrie Nuklide der natürlichen Zerfallsreihen von Th-232 und U-238, das ebenfalls „natürliche“ K-40 und als künstliches Nuklid Cäsium-137 (Cs-137) im für Niedersachsen üblichen Rahmen und in weitgehender Übereinstimmung mit den Laborauswertungen.

Messpunkte Tennisplatz-Regenwasserablauf und Reetdach-Regenwasserablauf:

Die Dosisleistungsmessungen an den Orten, die von Herrn Gabriel als „hot spots“ bezeichnet worden sind, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt (Messgerät: siehe oben):

Bezeichnung	Bezeichnung Gabriel	Klartext	Dosisleistung	Höhe über Boden	Bemerkungen
MP2	1.25	Tennisplatz-Regenwasserablauf	154 nSv/h	-0,3 m	in 30 cm Tiefe unter Oberkante Versickerungsbecken-Betonring, seitlich Steine
MP6	-----	Kate, Abtropfbereich Reetdach	114 nSv/h	0,1 m	direkt über den Steinen im Abtropfbereich des Reetdaches

Tabelle 2 b

Über dem Versickerungsbecken des von Herrn Gabriel als „hot spot“ bezeichneten Bereiches wurde das in-situ-Spektrometer in 0,70 m Höhe über den Steinen des Versickerungsbeckens positioniert. Die Auswertung erfolgte hier unter Annahme einer inhomo-genen Verteilung. Die Ergebnisse der Auswertung zeigen die Nuklide der bereits oben genannten natürlichen Zerfallsreihen des Th-232 und des U-238 mit einer Konzentra-tion zwischen 36 Bq/kg und 65 Bq/kg und damit deutlich über den Werten der anderen Messungen. Diese Ergebnisse werden ebenfalls von der Laborauswertung gestützt. Weiterhin wird K-40 nachgewiesen mit einem Wert von 480 Bq/kg, auch in geringer Menge Cs-137. Die einzelnen Daten sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Bewertung:

Die Messung der Dosisleistung zwischen den Steinen (Tennisplatz) bzw. über den Steinen (Reetdach) zeigte eine deutliche Erhöhung gegenüber dem „Untergrundpegel“. Sowohl Laborauswertung als auch die in-situ-Spektrometrie (Tennisplatz) zeigen einen deutlich erhöhten Gehalt an natürlichen Radionukliden (ca. zwei- bis dreifach). Nach den vorliegenden Auswertungen kann diese erhöhte Aktivität offensichtlich den Steinen zugeordnet werden. Die Berechnung einer potentiellen Jahresdosis bei Aufenthalt von Personen direkt am Ort der Messung (in dem Versickerungsbecken kauernd bzw. direkt auf den Steinen unter dem Reetdach liegend) ergäbe bei einem Daueraufenthalt (365 Tage x 24 Stunden) entspechend den Jahresdosiswert von 1,35 mSv bzw. 1,0 mSv.

Aus vielen Untersuchungen (u.a. /1/) ist bekannt, dass u.a. in Deutschland die Ortsdosisleistung (ODL), bedingt durch kosmische und terrestrische Gammastrahlung Werte mit einer erheblichen Streubreite hat. So treten z.B. in Sachsen höhere ODL-Werte von 80 bis über 200 nSv/h über Graniten im Westerzgebirge und Vogtland auf, in einigen Gebieten Thüringens werden Werte im Bereich 80 bis 170 nSv/h gemessen, im Bereich Sachsen-Anhalts (Südostharzrand-Mansfelder Mulde) Werte im Bereich 90 bis 180 nSv/h. Diese höheren ODL-Werte sind auf den erhöhten Beitrag der terrestrischen Gammastrahlung des Untergrundgesteins (Th-232-Zerfallsreihe, U-238-Zerfallsreihe mit Ra-226) und K-40 zurückzuführen. Die obengenannten ODL-Werte liegen somit in einem für Deutschland üblichen Rahmen.

/1/ Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in den östlichen Bundesländern Deutschlands, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 1997, BfS-ST-13/97

Labormessungen

Kontaminationsmessung (Alpha/Beta)

Tabelle 4

Die Messung der Alpha-/Betazählrate aller untersuchten Anteile der fünf Hauptproben ergab keinen Hinweis auf eine von Herrn Gabriel angenommene Inhomogenität der Proben. Es wurde nur der allgemeine Umgebungspegel festgestellt.

Prüfung der Homogenität der Proben (Gesamtalphazählrate)

Tabelle 5

Die durchgeführten Untersuchungen wiesen nicht auf eine von Herrn Gabriel angenommene Inhomogenität der Proben bezüglich einer erhöhten Belastung mit Alphastrahlern hin. Alle Messungen ergaben im Rahmen der statistischen Messungenauigkeit die gleichen Ergebnisse.

Aktivität der gammastrahlenden Radionuklide

Boden (Untersuchung der Feuchtmasse)

Tabelle 6.1 und 6.2

Die Ergebnisse der Messung der Bodenproben (Messung der feuchten Proben) werden auf das Volumen und auf die Feuchtmasse bezogen. Die Untersuchung der fünf Hauptproben ergab eine für Niedersachsen typische Belastung durch Cäsium-137. Weitere künstliche Radionuklide wurden nicht nachgewiesen. Radionuklide der Uran- und Thoriumzerfallsreihen sowie K-40 waren dominierend. Der vergleichsweise höhere Aktivitätsgehalt der Bodenprobe der Probenahmestelle Kate 1.27 ist auf das Vorhandensein natürlicher Radionuklide zurückzuführen, wie auch die alphaspektromerisch ermittelten Urangehalte zeigen .
Die Untersuchung der oberen Bodenschicht (0 – 10 cm) ergab annähernd die gleichen Aktivitätsgehalte.

Boden (Untersuchung der Trockenmasse)

Tabelle 6.3 , 6.4 und 6.5

Für alle fünf Hauptproben wurde die gammaspektrometrische Untersuchung der homogenisierten und zerkleinerten Gesamtprobe mit n-type-Halbleiterdetektoren durchgeführt. Die mit Bezug auf die Trockenmasse vorliegenden Werte unterscheiden sich nur geringfügig von den Werten bezogen auf Feuchtmasse. Durch die zusätzliche Erfassung der niederenergetischen Gammastrahler ließen sich auch die spezifischen Aktivitäten von Am-241 und von Pb-210, einem Glied der Uran-238-Zerfallsreihe, bestimmen.

Die Untersuchung der fünf Hauptproben ergab eine für Niedersachsen typische Belastung durch Cäsium-137 von 5,1 – 21 Bq/kg Trockenmasse. Weitere künstliche Radionuklide wurden nicht nachgewiesen. Die Belastung durch natürliche Radionuklide ist für Sandboden typisch. Radionuklide der Uran- und Thoriumzerfallsreihen wurden nachgewiesen mit Werten von etwa 20 Bq/kg Trockenmasse für die einzelnen Glieder der Uran-238- und Thorium-232-Zerfallsreihen und mit Werten für K-40 zwischen 230 und 360 Bq/kg Trockenmasse (eine Zusammenstellung der Radioaktivitätsgehalte verschiedener Bodentypen siehe Anlage). Der Aktivitätsgehalt der Bodenprobe der Probenahmestelle Kate 1.27 ist, wie auch die Ergebnisse der Gesamtalpha-, Gesamtbeta- und den nachfolgenden Uranbestimmungen zeigen, geringfügig im Rahmen der allgemeinen Schwankungsbreite erhöht. Er ist eindeutig auf das Vorhandensein natürlicher Radionuklide zurückzuführen.

Die Belastung mit Am-241 lag In allen Fällen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,2 – 0,7 Bq/kg Trockenmasse.

Eine von Herrn Gabriel vermutete erhöhte Radioaktivitätsbelastung ließ sich durch die Untersuchungen nicht bestätigen. Die Untersuchungen schließen eine Belastung mit Americium-241 – und damit auch mit Pu-241 als Mutternuklid – aus. Des Weiteren liegen die Gehalte von Uran-235 und Uran-238 sowie von Thorium-232 (bestimmt über das Tochternuklid Actinium-228 , Ac-228) im für unbelastete Böden typischen Bereich.

Steine

Tabelle 6.2 und 6.4

Steine der Regentraufe am Tennisplatz und der Steinreihe unterhalb des Abtropfbereiches des Reetdaches der Kate 1.22 wurden zerkleinert, gemahlen und gammaspektrometrisch untersucht. Die spezifische Aktivität der natürlichen Radionuklide war etwa viermal so hoch wie in den Bodenproben. Die spezifische Aktivität betrug etwa 50 – 100 Bq/kg für die alpha-, beta- und gammastrahlenden einzelnen Glieder der Zerfallsreihen und 1100 bis 1300 Bq/kg für Kalium-40.

Durch diese für Gesteinsproben (hier Findlinge) typischen Gehalte an natürlichen Radionukliden erklärt sich die an diesen Probenahmestellen registrierte erhöhte Ortsdosisleistung.

Diese Ergebnisse werden durch die Ergebnisse der in-situ-Gammaspektrometrie bestätigt.

Die Ergebnisse bestätigen die von Herrn Gabriel angenommene höhere Radioaktivitätsbelastung dieser Stellen. Die Messeffekte lassen sich aber zweifellos auf die für Gesteine übliche erhöhte Radioaktivität zurückführen. Es spricht nichts für die Annahme von Herrn Gabriel, dass die erhöhte Dosisleistung an diesen Stellen auf “hot spots durch Partikelbruch” zurückzuführen sind.

Gesamtalphaaktivität

Tabelle 7

Für alle fünf Hauptproben wurden drei Messreihen durchgeführt. Alle Messwerte lagen im Bereich von 66 - 200 Bq/kg bei den am Anfang durchgeführten Stichproben und 110 - 330 Bq/kg Trockensubstanz bei den homogenisierten und auf eine Korngröße von < 0,5 mm zerkleinerten Gesamtproben.

Die Ergebnisse lassen sich durch die gammaspektrometrisch ermittelten Aktivitätsgehalte der Glieder der natürlichen Uran-/Thoriumzerfallsreihen erklären. Hinweis: Durch die Trocknung wird das radioaktive Gleichgewicht innerhalb der Zerfallsreihe gestört (Radon kann entweichen), so dass die Messwerte unterhalb der gammaspektrometrisch ermittelten Werte liegen können.

Alle Untersuchungen der Gesamtalphaaktivität weisen nur auf die Belastung mit natürlichen Radionukliden hin. Alle Ergebnisse lassen sich zwanglos durch die Glieder der Uran- und Thoriumzerfallsreihen erklären. Sie sind für die untersuchte Bodenart typisch. Es gibt keine Diskrepanz mit den Messwerten der Gammaspektrometrie.

Die Angaben von Herrn Gabriel konnten nicht bestätigt werden.

Gesamtbetaaktivität:

Tabelle 8

Für alle fünf Hauptproben wurden drei Untersuchungen durchgeführt. Alle Messwerte lagen im Bereich 250 – 470 Bq/kg bei den am Anfang durchgeführten Stichproben und und 410 - 470 Bq/kg Trockensubstanz bei den homogenisierten und auf < 0,5 mm zerkleinerten und homogenisierten Gesamtproben.

Die Ergebnisse lassen sich durch die gammaspektrometrisch ermittelten Aktivitätsgehalte des K-40 (260 – 360 Bq/kg Trockenmasse) und die Aktivitätsgehalte der Glieder der natürlichen Uran-/Thoriumzerfallsreihen erklären. Sie sind für die untersuchte Bodenart typisch.

Hinweis: durch die Trocknung der Proben wird das radioaktive Gleichgewicht innerhalb der Zerfallsreihe gestört (s.o.), so dass die Messwerte (ausser den Messwerten des K-40) unterhalb der gammaspektrometrisch ermittelten Werte liegen können.

Alle Untersuchungen der Gesamtbetaaktivität weisen nur auf die Belastung mit natürlichen Radionukliden hin. Alle Ergebnisse lassen sich zwanglos durch die Glieder der Uran- und Thoiumzerfallsreihen und K-40 erklären. Es gibt keine Diskrepanz mit den Messwerten der Gammaspektrometrie.

Die Angaben von Herrn Gabriel konnten nicht bestätigt werden.

Tritium im Boden

Tabelle 9

Die Feuchtmasse der 5 Hauptproben wurde untersucht. Die Messwerte beziehen sich auf die Trockenmasse des Bodens. Alle Messwerte lagen unterhalb der Nachweisgrenzen.

Die Ergebnisse bestätigen nicht die von Herrn Gabriel angenommene hohe Belastung des Bodens mit Tritium als Hauptaktivitätsträger.

Plutonium-241

Tabelle 10

Alle Messwerte der direkten Bestimmung für Pu-241 lagen im Bereich der Nachweisgrenze.

Die gammaspektrometrisch ermittelten spezifischen Aktivitäten der homogenisierten Gesamtprobe beweisen jedoch eine weitaus niedrigere spezifische Aktivität von Pu-241: setzt man eine etwa 15 Jahre zurückliegende Freisetzung von Pu-241 voraus, so würde im Jahr 2001 die Aktivität des Tochternuklids Am-241 etwa 7 % der Pu-241-Aktivität betragen.

Die Direktmessungen und die über die Am-241 abgeleiteten Gehalte des Pu-241 bestätigen die von Herrn Gabriel formulierte hohe Belastung als einer der Hauptaktivitätsträger nicht.

Alphaspektrometrie

Tabelle 11

Die alphaspektrometrischen Untersuchungen der Proben ergaben nur für Uran Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen. Die Angabe der statistischen Messunsicherheit erfolgt mit einfacher Standardabweichung in Prozent.
Die Höhe der Aktivitätsgehalte von U-234, U-235 und U-238 sowie das Aktivitätsverhältnis von Uran-238 zu Uran-234 (etwa 1:1) weisen eindeutig auf natürliches Uran hin.

Die Gehalte an Plutonium-238 und Plutonium-239/240 lagen unterhalb der Nachweisgrenze von etwa 0,1 Bq/kg Trockenmasse. Die Messwerte lagen noch unterhalb der erwarteten allgemeinen Kontamination der Umwelt als Folge der Kernwaffenversuche bzw. als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl.

Alle Gehalte der Curium- und Americiumisotope lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Untersuchungen ergaben keinen Hinweis auf die Belastung der Probenahmestellen mit Alphastrahlern, die nicht natürlichen Ursprungs waren. Die Angaben von Herrn Gabriel konnten nicht bestätigt werden.

Gesamtalphazählrate der separierten Kügelchen

Tabelle 12

Es konnten vereinzelt schwarze Kügelchen mit einem Durchmesser von etwa 1 mm unter dem Stereomikroskop separiert und fotografiert werden (Beispiel siehe Abbildung 5). Die Gesamtalphazählrate der Kügelchen wurde einzeln und in der Summe auf 6-cm-Messschälchen sowie nach Mikrowellenaufschluss aller gefundenen Kügelchen und nachfolgender Präparation in dünner Schicht auf einer 20-cm-Messschale ausgemessen.

- Kügelchen einzeln
- Kügelchen gesamt
- Kügelchen nach Aufschluss und Präparation in dünner Schicht

In allen Fällen wich die Impulsrate nicht von der Nullrate ab. Die separierten Kügelchen zeigten keine vom Nullpegel abweichende Alphaaktivität.

Die Angaben von Herrn Gabriel in Hinblick auf stark kontaminierte alphastrahlende Partikel, sogenannte “kernbrennstoffhaltige Kügelchen”, konnte nicht bestätigt werden.

Beurteilung der Ergebnisse

Der Verdacht auf das Vorhandensein von stark alphastrahlenden Partikeln in der Elbmarsch konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr deuten alle Messwerte auf das übliche Vorkommen natürlicher Radionuklide im Boden hin.

Die vor Ort am 27.01.01 von Herrn Gabriel demonstrierten Messeffekte über Steinlagen lassen sich zweifellos auf die natürliche Radioaktivität der Steine zurückführen.

Das erst nach Abschluss dieser Untersuchungen am 12.02.2001 von der ARGE PhAM vorgelegte Gutachten geht in seinen Aussagen nicht über die bisher von Herrn Gabriel mündlich getroffenen Aussagen hinaus. Es bleibt festzuhalten, dass die von der ARGE PhAM angeführten dominierenden Aktivitätsträger Tritium, Americium, Plutonium, Uran und Thorium nicht oder nur in erwarteten Gehalten (Uran und Thorium) vorhanden sind.

Aus den Ergebnissen des NLÖ kann nicht geschlossen werden, dass die Aktivitätsgehalte in der Elbmarsch keine Ähnlichkeit mit den Einflüssen des Fallouts (Kernwaffenversuchen/Tschernobyl) haben.

Für eine Ausdehnung der Untersuchungen gibt es auf Grundlage der vom NLÖ vorgelegten Messwerte im Bereich der Elbmarsch keine Notwendigkeit.

Anlage 13 : Spezifische Aktivität der trägerfreien, reinen Isotope einiger Urane und Transurane

Nuklid	Zerfallsart	Halbwertzeit in Jahren	spez. Aktivität Bq/µg	spez. Aktivität Bq/g
Uran-235	α,e,γ	7,04E+08	8,00E-02	8,00E+04
Uran-238	α,e,γ	4,47E+09	1,24E-02	1,24E+04
Plutonium-238	α,e,γ	87,75	6,33E+05	6,33E+11
Plutonium-239	α,e,γ	2,41E+04	2,29E+03	2,29E+09
Plutonium-240	α,e,γ	6,57E+03	8,39E+03	8,39E+09
Americium-241	α,e,γ	432,2	1,27E+05	1,27E+11
Americium-243	α,e,γ	7380	7,38E+03	7,38E+09
Curium-242	α,e,γ	163,2	3,35E+05	3,35E+11
Curium-244	α,e,γ	18,11	2,99E+06	2,99E+12

Anlage : Literaturangaben zu typischen natürlichen Radionukliden im Boden

Literatur: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1998“
Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Die Radioaktivität im Boden wird häufig durch den Gehalt an natürlichen Radionukliden im Ursprungsgestein bestimmt. In kieselsäurereichen Magmagesteinen ist die spezifische Aktivität primordialer Radionuklide gewöhnlich höher als in Sedimentgesteinen. Das radioaktive Gleichgewicht in den Böden kann durch verschiedene Prozesse, z.B. durch unterschiedliche Löslichkeiten der Radionuklide bei der Bodenbildung gestört werden.

Die Tabelle A zeigt typische Werte der spezifischen Aktivität für einige Bodenarten.

In Tabelle B sind Ergebnisse von Messungen der spezifischen Aktivität von Bodenproben aus den Bergbauregionen der neuen Bundesländer Messergebnissen aus dem norddeutschen Raum und den alten Bundesländern gegenübergestellt. Aufgrund des Urangehaltes in den Gesteinen und Böden findet man in den Bergbauregionen zwar eine erhöhte mittlere Konzentration an Ra-226, dennoch liegen die Einzelmessungen im Streubereich der Messergebnisse aus den alten Bundesländern.

Tabelle A Typische Werte für die spezifische Aktivität verschiedener Bodenarten in Bq/kg Trockensubstanz

Bodenart	Kalium-40	Thorium-232	Uran-238
Fahlerde	650	50	35
Schwarzerde	400	40	20
Bleicherde	150	10	7

Tabelle B Spezifische Aktivität von Radium-226 in Böden in Bq/kg Trockensubstanz

Gebiet	Bereich
Alte Bundesländer	10 – 200
Mecklenburg-Vorpommern	8 - 12
Brandenburg	9 - 15
Sachsen- Anhalt	17 - 64
Raum Aue (Sachsen)	27 - 80
Erzgebirgisches Becken	18 - 130
Thüringer Bergbaugebiet	21 - 170

Probenvorbereitung

Probe nach Tracerzusatz (U, Pu, Am) mit HNO_3 and H_2SO_4 nass veraschen, mit 6 M HNO_3 aufnehmen

Trennung der Aktiniden

Zusatz von $Al(NO_3)_3$-Lösung zur Bindung störender PO_4-Ionen, Reduzierung der Säurestärke und gleichzeitige Erhöhung der NO_3-Ionenkonzentration,
Einstellung der Wertigkeit von Pu^{3+} durch Zusatz von Fe^{2+}-Ionen (Fe-Sulfamat)

Extraktionschromatographie

1. UTEVA-Säule: Abtrennung von U (Th and Np, falls in der Probe vorhanden).
2. TRU-Säule: Abtrennung von Am und Pu (auch Cm) aus der restlichen Probenlösung

Herstellung der Messpräparate und Aktivitätsmessung

Elektrolyse nach Aufbereitung der einzelnen Eluate
α-spektrometrische Messung

Schematische Darstellung des Analyseverfahrens zur gleichzeitigen Bestimmung von Uran-, Plutonium- und Americiumisotopen

Anlage: Glossar (Begriffe in der Radiologie)

Aktivität

hier: Größe, die die Anzahl der je Sekunde zerfallenden Atomkerne eines radioaktiven Stoffes angibt; Einheit Becquerel (Bq)

Aktivität, spezifische

Quotient aus der Aktivität eines Stoffes und der Masse dieses Stoffes, z.B. Bq/kg

Alpha-Spektrometrie

Nuklidspezifisches Bestimmungsverfahren für alphastrahlende Nuklide, als Detektoren werden sog. Oberflächensperrschichtdetektoren verwendet.

Äquivalentdosis

Maß für die biologische Wirkung einer ionisierenden Strahlung auf den Menschen mit der Einheit Sievert (Sv). Sie ist ein Produkt aus der Energiedosis und einem von der Strahlenart abhängigen Bewertungsfaktor

Äquivalentdosis, effektive

Summe der nach der Organempfindlichkeit gewichteten Einzeldosen (Organdosen)

Becquerel

Seit 1986 gesetzliche Einheit der Aktivität im internationalen Einheitensystem (SI-Einheiten); 1 Becquerel (1 Bq) entspricht einem Atomkernzerfall je Sekunde

Emissionüberwachung

hier: Überwachung der Ableitung von Radionukliden mit Abluft oder Abwasser aus Betrieben und Anlagen in die Umwelt

Fall-out

Radioaktiver Niederschlag aus kleinsten in der Atmosphäre schwebenden Teilchen, die auf die Erde zurückfallen

Gammastrahlung

Energiereiche, kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die von einem zerfallenden instabilen Atomkern ausgestrahlt wird

Gamma-Spektrometrie

Nuklidspezifisches Bestimmungsverfahren für gammastrahlende Nuklide. Als Detektoren werden sog. Szintillationsdetektoren wie z.B. mit Thallium dotierte NaI-Detektoren oder Halbleiterdetektoren wie z.B. Reinst-Germaniumdetektoren verwendet.

Gesamt-Alpha-Messung

Summenbestimmung aller Alpha-Strahler in der zu messenden Probe. Als Detektor dient ein sog. Gasdurchflussdetektor (Methan, Argon-Methan), der Detektor wird im sog. Alpha-Plateau betrieben.

Gesamt-Beta-Messung

Wie Gesamt-Alpha-Messung, jedoch geschieht die Messung der Betastrahler im sog. Beta-Plateau.

Halbwertszeit, physikalische

Zeit, nach der von der ursprünglichen Menge eines radioaktiven Stoffes die Hälfte zerfallen ist, z.B. Tritium 12,3 Jahre und Cäsium-137 30,1 Jahre

Immissionüberwachung

hier: Messung der Aktivität von Proben (z.B. Luft, Wasser, Boden, Milch, Pflanzen) oder Messung der Ortsdosis in der Umgebung genehmigungsbedürftiger Betriebe und Anlagen als Ergänzung der Emissionsüberwachung

in-situ-Spektrometrie

Bei der in-situ-Spektrometrie wird mit einem Germanium-Detektor ein der Photonenflussdichte entsprechendes Impulshöhenspektrum gemessen, um die in der Umgebung vorhandenen Radionuklide zu identifizieren sowie bei Kenntnis der Radionuklidverteilung im Boden und bestimmter physikalischer Eigenschaften von Boden und Luft die flächen- oder massenbezogene Aktivität zu bestimmen.

Ionisierende Strahlung

Elektromagnetische Strahlung oder Teilchenstrahlung, die die Bildung von Ionen (geladene Teilchen) bewirken kann, z.B. Alpha-, Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlung

Isotope

Atome eines chemischen Elementes, die sich in ihrer Neutronenanzahl und damit in ihrer Masse unterscheiden, z.B. Uran-235 und Uran-238

Kontamination

hier**:** Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen

Liquid Scintillation Counting (LSC)

Flüssigkeitsszintillationsmessung, Messverfahren zur Messung energiearmer Betastrahler z.B. H-3, C-14, Pu-241

Nachweisgrenze

hier: Messgrenze, oberhalb derer ein Radionuklid statistisch abgesichert nachgewiesen werden kann

Nuklid

allgemein: Atomart, durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl gekennzeichnet

hier: ein stabiles oder ein radioaktives Atom

Ortsdosis

Äquivalentdosis für Weichteilgewebe gemessen an einem bestimmten Ort, z.B. in nSv

Ortsdosisleistung

In einem kurzen Zeitintervall erzeugte Ortsdosis geteilt durch das Zeitintervall, z.B. nSv/h

Radioaktive Stoffe

Stoffe, die Radionuklide enthalten

Radioaktivität

Eigenschaft bestimmter Elemente bzw. Nuklide, die sich ohne äußere Einwirkung umwandeln und dabei charakteristische energiereiche Strahlung wie Teilchen- oder Gammastrahlung aussenden

Radioisotope

Siehe Radionuklide

Radionuklide

- allgemein

Instabile Nuklide, die spontan ohne äußere Einwirkung unter Aussendung von Teilchen- oder Gammastrahlung in andere Nuklide zerfallen

- natürliche

In der Natur vorkommende radioaktive Stoffe, die seit Entstehung der Erde vorhanden sind oder durch natürliche Prozesse, z.B. durch Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit den Atomen der Atmosphäre ständig neu entstehen

- künstliche

Durch Kernumwandlungen in Reaktoren gebildete oder in Beschleunigern hergestellte oder durch Kernwaffenversuche freigesetzte Radionuklide

Rest-Beta-Messung

Die gemessene Betaaktivität der Probe wird um den Anteil vermindert, der durch den natürlichen Beta-Strahler Kalium-40 hervorgerufen wird.

Sievert

Sievert(Sv) seit 1986 gesetzliche Einheit der Äquivalentdosis,

1 Sv = 1.000 mSv = 1.000.000 µSv

Strahlenexposition / Strahlenbelastung

Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper oder auf bestimmte Körperteile (z.B. auf die Schilddrüse)

Strahlung

hier:

- **Alphastrahlung:** Teilchenstrahlung, die aus Alphateilchen (zwei Protonen plus zwei Neutronen) besteht
- **Betastrahlung:** Teilchenstrahlung, die aus Betateilchen (Elektronen) besteht
- **Gammastrahlung:** elektromagnetische Wellenstrahlung

Tritium

Radioaktives Isotop des Wasserstoffes (H-3), das Betastrahlung sehr geringer Energie aussendet

Abbildung 1: Probenahme im Wurzelbereich von Bäumen

Abbildung 2: Probenahmestelle Tennisplatz 1.22

Abbildung 3: Probenahmestelle Kate 1.27

Abbildung 4: Probenahmestelle Tennisplatz 1.25

Abbildung 5: Lage der Probenahmestellen 1, 4 und 6

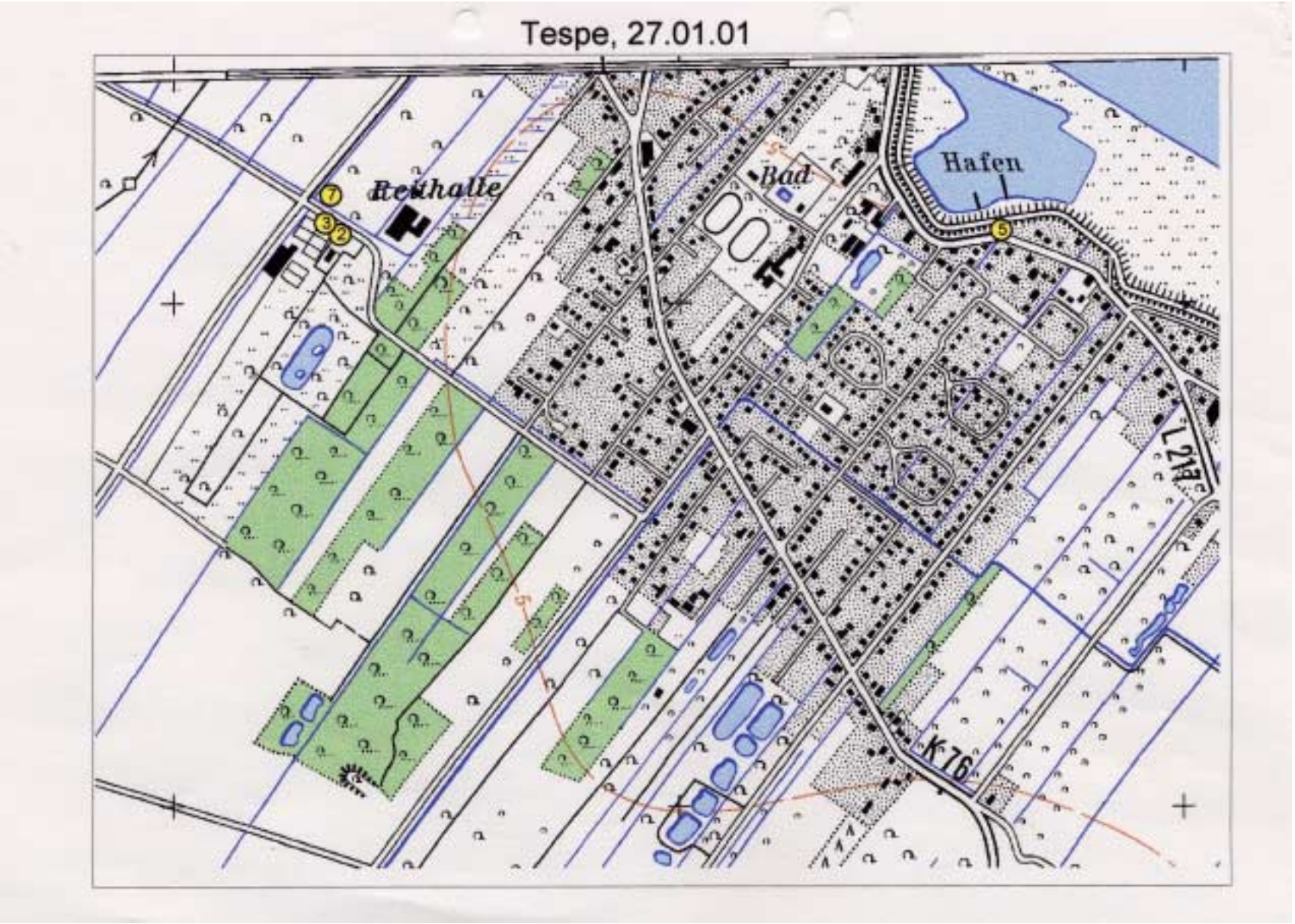


Abbildung 6: Lage der Probenahmestellen 2, 3, 5 und 7

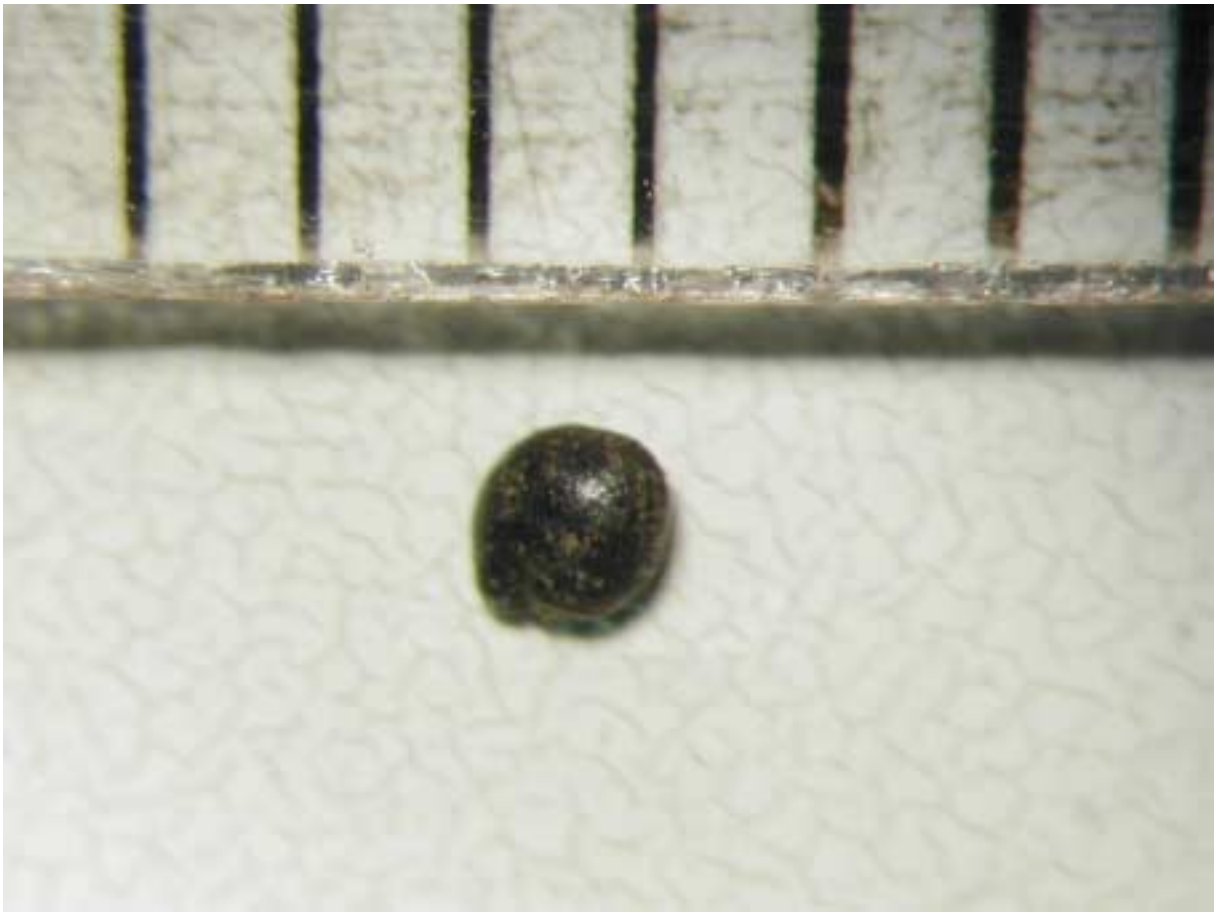
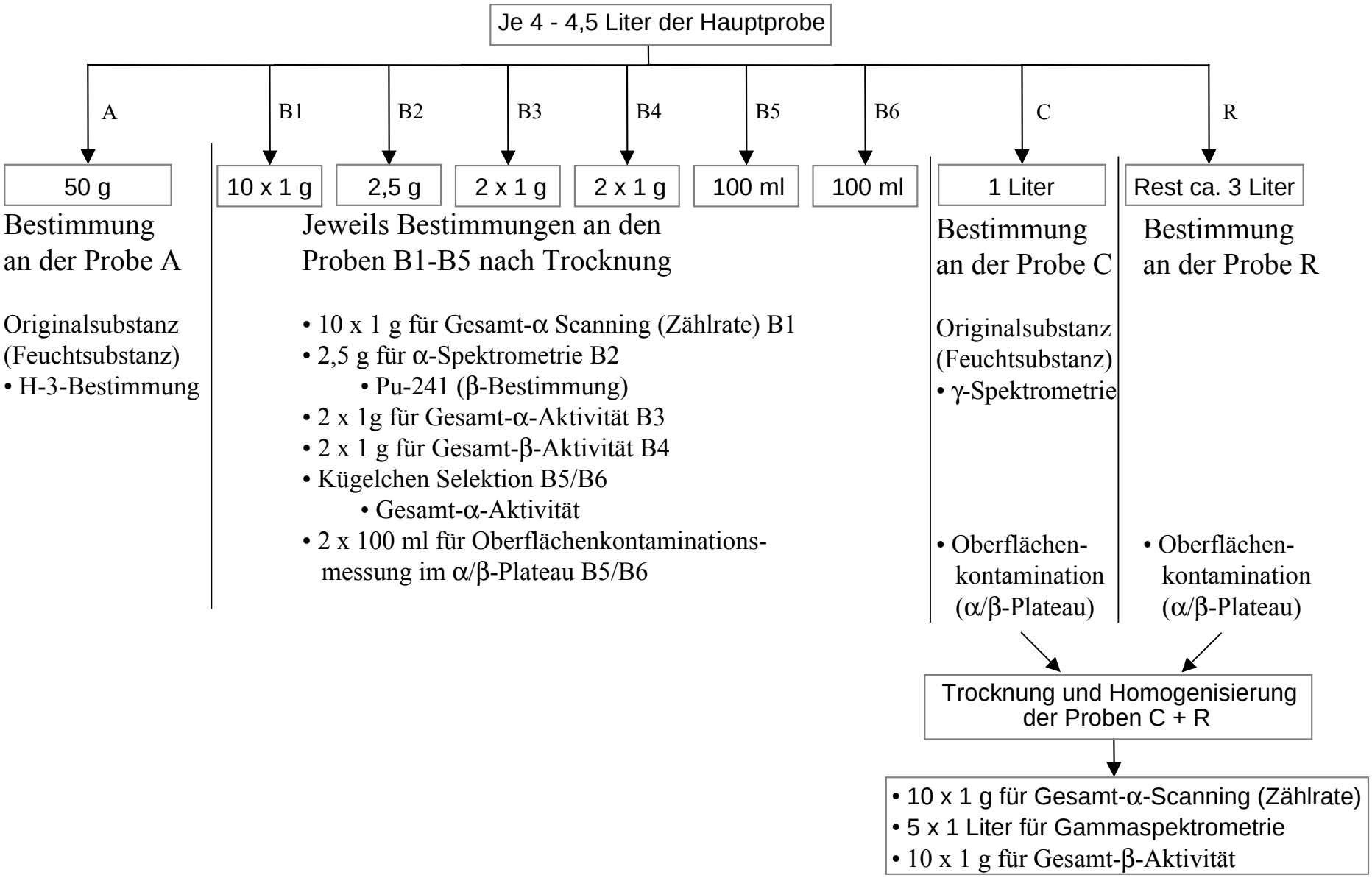


Abbildung 7: separiertes „kugelförmiges, schwarzes Teilchen“ der Probenahmestelle Tespe-Fährhaus 1.1 (Gitterabstand: 1 mm)

Probenaufbereitung



in-situ-spektrometrische Untersuchungen mit Halbleiterdetektor

Tabelle 3

		Tespe 1		Tespe 2		Tespe 3		Tespe 4			Tespe 5			
Bezeichnung Messpunkt		Fährhaus, Baum		Denkmal		Hafen Tespe		Fährhaus, Wiese			Tennisplatz, Regenwasserablauf			
Nuklid (Zerfallsreihe)	Energie (keV)	Aktivität	Mess-unsicher-heit (%)	Aktivität	Mess-unsicher-heit (%)	Aktivität	Mess-unsicher-heit (%)	Aktivität	Mess-unsicher-heit (%)	Verteilungs-parameter	Aktivität	Mess-unsicher-heit (%)	Verteilungs-parameter	Einheit der Aktivität
Pb-212 (Th-232)	238,6	9,4E+00	36	5,4E+00	52	1,4E+01	20	8,1E+00	42	h	5,4E+01	17	t2,5	Bq/kg
Ac-228 (Th-232)	338,3					1,1E+01	86	1,6E+01	66	h	4,8E+01	62	t2,5	Bq/kg
(Tl-208) (Th-232) *)	583,2	1,6E+01	24	9,8E+00	39	1,5E+01	26	1,4E+01	26	h	5,4E+01	21	t2,5	Bq/kg
Ac-228 (Th-232)	911,6	2,0E+01	27	1,1E+01	46	1,8E+01	25	1,6E+01	28	h	5,6E+01	37	t2,5	Bq/kg
Ac-228 (Th-232)	968,9	1,4E+01	40	8,1E+00	79	1,2E+01	33	8,2E+00	62	h	3,8E+01	66	t2,5	Bq/kg
Ac-228 (Th-232)	1588,2	1,0E+01	132							h			t2,5	Bq/kg
Mittelwert gewichtet		1,3E+01	28	7,6E+00	34	1,4E+01	15	1,2E+01	30	h	5,3E+01	12	t2,5	Bq/kg
Pb-214 (U-238)	295,2	1,1E+01	82	1,1E+01	51	1,0E+01	59	1,4E+01	51	h	3,6E+01	55	t2,5	Bq/kg
Pb-214 (U-238)	351,9	2,3E+01	21	1,5E+01	28	2,0E+01	20	1,6E+01	24	h	4,9E+01	20	t2,5	Bq/kg
Bi-214 (U-238)	609,3	1,8E+01	20	1,3E+01	26	1,6E+01	21	1,6E+01	24	h	5,3E+01	17	t2,5	Bq/kg
Pa-234m	1001,0							9,5E+00	751	h			t2,5	Bq/kg
Bi-214 (U-238)	1120,3	1,7E+01	41	1,5E+01	45	2,3E+01	35			h	5,0E+01	46	t2,5	Bq/kg
Bi-214 (U-238)	1764,5	1,7E+01	30	1,6E+01	32	1,8E+01	28			h	6,5E+01	33	t2,5	Bq/kg
Mittelwert gewichtet		1,8E+01	17	1,4E+01	15	1,7E+01	18	1,6E+01	16	h	5,1E+01	12	t2,5	Bq/kg
K-40	1460,8	3,5E+02	12	2,3E+02	13	3,0E+02	12	2,4E+02	12	h	4,8E+02	12	h	Bq/kg
Cs-137	661,7	1,1E+02	75	5,5E+02	22	1,6E+02	61	5,4E+02	21	e3,0	1,3E+02	100	e3,0	Bq/m^2

*) Die angegebene Aktivität bezieht sich auf die Zerfallskette des Th-232 im Gleichgewichtszustand

Die angegebene Messunsicherheit (statistischer Zählfehler) wird mit 2 σ berechnet
Die Aktivität in der Einheit Bq/kg bezieht sich auf Feuchtmasse

Verteilungsparameter
h: homogen
e3,0: exponentiell mit Relaxationsmassenflächendichte $\xi = 3\ kg/m^2$
t2,5: homogene Schicht mit 2,5 cm Tiefe

Alpha-/Betakontaminationsmessung

Tabelle 4

						Messgerät: Frieseke & Hoepfner Kontamat FHT 111 GF		Messgrät: Berthold Kontaminations-monitor LB 122
						1. Messreihe	2. Messreihe	3. Messreihe
Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Siebfraktion	Impulse pro Sekunde	Impulse pro Sekunde	Impulse pro Sekunde
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	< 2 mm	10 ± 1	10 ± 1	10 ± 1
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	> 2 < 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	> 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	< 2 mm	10 ± 1	10 ± 1	10 ± 1
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	> 2 < 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	> 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	< 2 mm	10 ± 1	10 ± 1	10 ± 1
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	> 2 < 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	> 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	< 2 mm	10 ± 1	10 ± 1	10 ± 1
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	> 2 < 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	> 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	< 2 mm	10 ± 1	10 ± 1	10 ± 1
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	> 2 < 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	> 6,3 mm	-------	-------	10 ± 0,5

Homogenitätsprüfung Gesamtalphazählrate (Screening) — Tabelle 5

10 x 1 g Probe						Messgerät: Proportionalzähler Berthold LB 770, 6-cm-Schale								
						1. Messreihe 2 x 10 min			2. Messreihe 2 x 10 min			3. Messreihe 5 x 100 min homogenisierte Probe		
Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Siebfraktion	Bruttorate in Ipm min max	Bruttorate in Ipm Ø	Nullrate in Ipm	Bruttorate in Ipm min max	Bruttorate in Ipm Ø	Nullrate in Ipm	Bruttorate in Ipm min max	Bruttorate in Ipm Ø	Nullrate in Ipm
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	< 2 mm	0,3 0,5	0,4	0,1	0,1 0,6	0,3	0,1	0,4 0,7	0,5	0,1
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	< 2 mm	0,1 0,7	0,4	0,1	0,2 0,6	0,3	0,1	0,3 0,6	0,4	0,1
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	< 2 mm	0,2 0,5	0,3	0,1	0,2 0,5	0,3	0,1	0,3 0,4	0,4	0,1
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	< 2 mm	0,1 0,6	0,2	0,1	0,1 0,4	0,3	0,1	0,2 0,3	0,3	0,1
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	< 2 mm	0,2 0,8	0,5	0,1	0,3 0,7	0,4	0,1	0,5 0,7	0,6	0,1

Sonderprogramm TESPE — Tabelle 6.1

Gammaspektrometrische Untersuchung mit Halbleiterdetektoren

Probenart: Boden

Angaben in Bq/l in der betreffenden Bodenschicht, entspricht auch (Bq/m²)x100 [10 cm Schichtdicke]

Probenr	Ort	Stelle	Probenahmetiefe in cm	Datum	Co-60	Cs-134	Cs-137	K-40	Tl-208	Pb-212	Pb-214	Bi-212	Bi-214	Ac-228	U-235
01#0098	Tespe	Faehrhaus 1.1	10 - 20	27.01.01	<2.8E-01	<3.0E-01	7.8E+00	4.7E+02	6.3E+00	2.0E+01	2.1E+01	2.3E+01	2.0E+01	2.0E+01	<1.7E+00
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10 - 20	27.01.01	<1.1E-01	<1.1E-01	8.1E+00	4.1E+02	6.3E+00	2.1E+01	1.6E+01	2.3E+01	1.4E+01	1.9E+01	1.2E+00
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10 - 20	27.01.01	<1.6E-01	<1.6E-01	2.8E+01	3.5E+02	5.2E+00	1.7E+01	1.5E+01	1.8E+01	1.3E+01	1.5E+01	<1.4E+00
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10 - 20	27.01.01	<1.6E-01	<1.6E-01	2.4E+01	2.9E+02	3.9E+00	1.3E+01	1.1E+01	1.3E+01	9.0E+00	1.1E+01	<1.4E+00
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10 - 20	27.01.01	<2.3E-01	<3.0E-01	7.9E+00	4.8E+02	8.5E+00	2.6E+01	2.4E+01	2.8E+01	2.2E+01	2.5E+01	1.8E+00
01#0103	Tespe	Faehrhaus 1.1	0 - 10	27.01.01	<1.4E-01	<1.2E-01	4.4E+00	2.5E+02	3.3E+00	1.2E+01	1.1E+01	1.0E+01	8.9E+00	9.4E+00	1.0E+00
01#0105	Tespe	Tennisplatz 1.22	0 - 10	27.01.01	<2.9E-01	<2.1E-01	6.9E+00	3.6E+02	5.6E+00	1.7E+01	1.3E+01	1.7E+01	1.3E+01	1.6E+01	1.1E+00
01#0106	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	0 - 10	27.01.01	<1.3E-01	<1.2E-01	1.6E+01	2.2E+02	3.1E+00	1.0E+01	9.1E+00	1.1E+01	8.1E+00	9.7E+00	1.3E+00
01#0107	Tespe	Tespe Hafen 1.34	0 - 10	27.01.01	<2.7E-01	<2.6E-01	1.2E+01	2.7E+02	4.0E+00	1.2E+01	9.9E+00	1.3E+01	9.5E+00	1.2E+01	<1.3E+00
01#0109	Tespe	Kate 1.27	0 - 10	27.01.01	<4.8E-01	<4.5E-01	1.3E+01	4.2E+02	7.1E+00	2.1E+01	2.0E+01	2.4E+01	1.9E+01	2.1E+01	<2.5E+00
01#0110	Tespe	Tennisplatz Wiese	0 - 10	27.01.01	< 3.2E-01	< 3.7E-01	4.6E+00	5.8E+02	1.1E+01	3.3E+01	2.7E+01	3.3E+01	2.3E+01	3.2E+01	2.0E+00
01#0113	Tespe	Fährhaus Wiese	0 – 10	27.01.01	< 2.3E-01	< 3.6E-01	4.8E+00	4.2E+02	8.1E+00	2.5E+01	2.0E+01	2.7E+01	1.9E+01	2.3E+01	1.3E+00

Sonderprogramm TESPE

Tabelle 6.2

Gammaspektrometrische Untersuchungen mit Halbleiterdetektoren

Probenart: Boden, Ergebnisse bezogen auf Feuchtmasse

Angaben in Bq/kg FM

Interne Probenr	Ort	Stelle	Probenahmetiefe in cm	Datum	Co-60	Cs-134	Cs-137	K-40	Tl-208	Pb-212	Pb-214	Bi-212	Bi-214	Ac-228	U-235	U-238
01#0098	Tespe	Faehrhaus 1.1	10 - 20	27.01.01	<1.9E-01	<2.0E-01	5.2E+00	3.1E+02	4.2E+00	1.3E+01	1.4E+01	2.3E+01	1.3E+01	1.3E+01	<1.1E+00	<4.0E+00
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10 - 20	27.01.01	<1.0E-01	<1.0E-01	5.5E+00	2.8E+02	4.3E+00	1.4E+01	1.1E+01	1.9E+01	9.6E+00	1.3E+01	8.4E-01	1.6E+01
01#0100	Tespe	Kriegerdenk-mal 1.2	10 - 20	27.01.01	<1.2E-01	<1.2E-01	2.2E+01	2.7E+02	4.0E+00	1.3E+01	1.2E+01	1.4E+01	1.3E+01	1.2E+01	<1.1E+00	2.2E+01
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10 - 20	27.01.01	<1.3E-01	<1.3E-01	2.0E+01	2.4E+02	3.3E+00	9.4E+00	9.2E+00	1.1E+01	7.5E+00	9.8E+00	<1.1E+00	1.9E+01
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10 - 20	27.01.01	<1.6E-01	<2.1E-01	5.6E+00	3.4E+02	6.1E+00	1.9E+01	1.7E+01	2.0E+01	1.6E+01	1.8E+01	1.3E+00	2.9E+01
01#0103	Tespe	Faehrhaus 1.1	0 - 10	27.01.01	<1.1E-01	<1.0E-01	3.4E+00	1.9E+02	2.6E+00	9.2E+00	8.5E+00	7.7E+00	6.8E+00	7.2E+00	7.6E-01	1.4E+01
01#0105	Tespe	Tennisplatz 1.22	0 - 10	27.01.01	<2.1E-01	<1.5E-01	4.9E+00	2.6E+02	4.0E+00	1.2E+01	9.3E+00	1.2E+01	9.3E+00	1.1E+01	7.9E-01	1.7E+01
01#0106	Tespe	Kriegerdenk-mal 1.2	0 - 10	27.01.01	<1.5E-01	<1.4E-01	1.9E+01	2.6E+02	3.5E+00	1.2E+01	1.1E+01	1.3E+01	9.6E+00	1.1E+01	1.5E+00	6.1E+00
01#0107	Tespe	Tespe Hafen 1.34	0 - 10	27.01.01	<2.2E-01	<2.2E-01	1.0E+01	2.2E+02	3.3E+00	1.0E+01	8.2E+00	1.1E+01	7.9E+00	1.0E+01	<1.0E+00	1.7E+01
01#0109	Tespe	Kate 1.27	0 - 10	27.01.01	<4.4E-01	<4.1E-01	1.2E+01	3.8E+02	6.4E+00	1.9E+01	1.8E+01	2.2E+01	1.7E+01	1.9E+01	<2.3E+00	1.0E+01
01#0114	Tespe	Kate 1.27	Steine	27.01.01	<3.9E-01	<3.0E-01	2.8E-01	1.1E+03	3.0E+01	9.4E+01	3.6E+01	1.0E+02	3.3E+01	8.9E+01	<2.3E+00	6.2E+00
01#0115	Tespe	Tennisplatz 1.25	Steine	27.01.01	<5.8E-01	<7.4E-01	3.0E+00	1.3E+03	1.8E+01	5.1E+01	5.0E+01	5.7E+01	4.7E+01	5.1E+01	<2.9E+00	2.9E+01

Sonderprogramm TESPE **Tabelle 6.3**

Probenart: Boden, Messung von je 1 l der getrockneten und homogenisierten Gesamtprobe mit n-type – Halbleiterdetektor

Angaben in Bq/kg TM

Interne Probenr	Ort	Stelle	Probenahmetiefe in cm	Datum der Probenahme	Co-60	Cs-134	Cs-137	Am-241	K-40	Tl-208	Pb-210	Pb-212	Pb-214	Bi-212	Bi-214	Ac-228	U-235	U-238
01#0098	Tespe	Faehrhaus 1.1	10 - 20	27.01.01	<1.5E-01	<9.5E-02	5.1E+00	<4.3E-01	2.9E+02	4.6E+00	2.5E+01	1.4E+01	1.6E+01	1.5E+01	1.5E+01	1.4E+01	1.1E+00	9.9E+00
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10 - 20	27.01.01	<1.9E-01	<1.4E-01	5.3E+00	<4.6E-01	2.7E+02	4.4E+00	2.5E+01	1.4E+01	1.2E+01	1.3E+01	1.1E+01	1.3E+01	<1.0E+00	7.2E+00
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10 - 20	27.01.01	<1.7E-01	<1.4E-01	2.0E+01	<4.2E-01	2.6E+02	4.1E+00	3.9E+01	1.3E+01	1.2E+01	1.4E+01	1.1+01	1.2E+01	7.3E-01	8.2E+00
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10 - 20	27.01.01	<1.0E-01	<1.0E-01	2.1E+01	<2.5E-01	2.3E+02	3.0E+00	3.3E+01	5.5E+00	8.7E+00	9.0E+00	8.2E+00	8.7E+00	<5.0E-01	4.9E+00
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10 - 20	27.01.01	<2.0E-01	<1.5E-01	5.7E+00	<5.0E-01	3.6E+02	6.6E+00	3.1E+01	2.0E+01	2.0E+01	2.0E+01	1.9E+01	2.0E+01	1.6E+00	1.4E+01

Spezifische Aktivität von Gammastrahlern

Tabelle 6.4

Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Siebfraktion	Feuchtmasse (FM) pro l	Gesamtgammaaktivität in Bq/kg FM	K-40 in Bq/l
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	< 2 mm	1,459	450	470
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	< 2 mm	1,364	460	410
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	< 2 mm	1,270	440	350
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	< 2 mm	1,184	350	290
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	< 2 mm	1,374	550	480

Interne Probenummer	Ort	Stelle		Datum der Probenahme		Trockenmasse (TM) pro l	Gesamtgammaaktivität in Bq/kg TM	
01#0114	Tespe	Kate 1.27		27.01.01	Steine	1,746	1100	
01#0115	Tespe	Tennisplatz-Traufe 1.25		27.01.01	Steine	1,478	1200	

Vergleichsdaten zum Sonderprogramm TESPE — Tabelle 6.5

Probenart: Unbearbeiteter Boden im Vordeichgebiet der Elbe

Angaben in Bq/kg TM

Probenr	Ort	Stelle	Datum	Co-60	Cs-134	Cs-137	K-40	Tl-208	Pb-210	Pb-212	Pb-214	Bi-212	Bi-214	Ac-228	U-235	U-238
99#0420	Laase	Elbe km 494,7	04.05.99	<2.9E-01	<2.6E-01	2.7E+01	3.9E+02	1.4E+01	7.0E+01	4.3E+01	4.9E+01	4.5E+01	4.5E+01	4.0E+01	5.7E+00	3.3E+01
99#1236	Laase	Elbe km 494,7	06.10.99	<1.9E-01	3.0E-01	4.9E+01	4.7E+02	1.5E+01	5.1E+01	4.7E+01	7.3E+01	4.8E+01	6.3E+01	4.1E+01	8.3E+00	7.6E+01
00#0655	Laase	Elbe km 494,7	27.06.00	<1.4E-01	3.2E-01	4.3E+01	4.3E+02	1.5E+01	6.3E+01	4.7E+01	6.2E+01	4.7E+01	5.4E+01	4.1E+01	6.7E+00	6.1E+01
00#0867	Laase	Elbe km 494,7	22.08.00	<2.3E-01	<2.5E-01	4.9E+01	4.2E+02	1.5E+01	<2.4E+02	5.2E+01	7.3E+01	5.0E+01	6.0E+01	4.3E+01	8.4E+00	9.4E+01
99#0419	Pölitz	Elbe km 493,9	04.05.99	<3.0E-01	<2.7E-01	2.8E+01	3.9E+02	9.7E+00	1.1E+02	3.0E+01	6.0E+01	3.2E+01	5.7E+01	2.6E+01	7.5E+00	5.6E+01
99#1235	Pölitz	Elbe km 493,9	06.10.99	<2.1E-01	2.6E-01	4.5E+01	4.7E+02	1.1E+01	1.6E+02	3.7E+01	1.3E+02	3.7E+01	1.1E+02	3.1E+01	1.3E+01	9.7E+01
00#0654	Pölitz	Elbe km 493,9	27.06.00	<2.9E-01	<2.7E-01	3.5E+01	3.8E+02	1.1E+01	1.2E+02	3.4E+01	7.7E+01	3.5E+01	6.8E+01	2.9E+01	7.4E+00	6.5E+01
00#0866	Pölitz	Elbe km 493,9	22.08.00	<2.1E-01	3.1E-01	6.0E+01	4.9E+02	1.2E+01	1.4E+02	4.0E+01	1.1E+02	3.9E+01	9.8E+01	3.5E+01	1.2E+01	8.7E+01
99#0421	Pretzetze	Elbe km 495,9	04.05.99	<1.9E-01	<2.1E-01	3.5E+01	5.1E+02	1.3E+01	1.1E+02	4.2E+01	7.8E+01	4.2E+01	6.6E+01	3.6E+01	9.9E+00	7.9E+01
99#1237	Pretzetze	Elbe km 495,9	06.10.99	<3.6E-01	<3.4E-01	5.8E+01	4.6E+02	1.2E+01	1.5E+02	4.1E+01	1.0E+02	3.8E+01	9.2E+01	3.6E+01	9.7E+00	8.1E+01
00#0868	Pretzetze	Elbe km 495,9	22.08.00	<2.7E-01	3.3E-01	7.1E+01	5.3E+02	1.3E+01	<2.8E+02	4.5E+01	1.1E+02	5.0E+01	1.0E+02	3.9E+01	2.0E+00	1.3E+02
00#0656	Pretzetze	Elbe km 495,9	27.06.00	<2.3E-01	2.7E-01	6.7E+01	4.8E+02	1.2E+01	<2.4E+02	4.4E+01	1.0E+02	4.3E+01	9.0E+01	3.7E+01	1.1E+01	1.1E+02

Gesamtalphaaktivität

Tabelle 7

					Messgerät: 2 Proportionalzähler Frieseke & Höpfner, 1 g auf 20-cm-Schale								
					1. Messreihe 10 x 100 min Siebfraktion < 2 mm			2. Messreihe 10 x 100 min Siebfraktion < 2 mm			3. Messreihe 10 x 100 min homogenisierte Probe		
Interne Probe-nummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm Detektor D2 & D3	Gesamtalpha-aktivität in Bq/kg	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm	Gesamtalpha-aktivität in Bq/kg	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm	Gesamtalpha-aktivität in Bq/kg
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	1,8	1,3	170 ± 11 %	1,6	1,3	99 ± 18 %	2,3	1,3	330 ± 6 %
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	1,2	0,6	200 ± 7 %	0,84	0,6	79 ± 16 %	1,3	0,6	230 ± 6 %
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	1,0	0,6	130 ± 10 %	0,96	0,6	120 ± 11 %	1,8	1,3	170 ± 11 %
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	1,5	1,3	66 ± 26 %	1,5	1,3	66 ± 26 %	0,92	0,6	110 ± 12 %
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	0,9	0,6	99 ± 13 %	1,9	1,3	200 ± 9 %	2,3	1,3	330 ± 26 %
					Hinweis: 1 mg Natur-Uran = 25 Bq								

Gesamtbetaaktivität

Tabelle 8

Messgerät: 2 Proportionalzähler Berthold LB 770, 1 g auf 6-cm-Schale
Messzeit: 2 x 20 min
Hinweis: 1 mg K = 0,03 Bq

Interne Probe-nummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Feuchtig-keit in %	1. Messreihe 1 g / 2 x 20 min					2. Messreihe 1 g / 2 x 20 min					3. Messreihe, homogenisierte Probe 10 x 1 g / 2 x 30 min				
						Bruttorate in Ipm		Nullrate in Ipm	Gesamtbeta-aktivität in Bq/kg		Bruttorate in Ipm		Nullrate in Ipm	Gesamtbeta-aktivität in Bq/kg		Bruttorate in Ipm		Nullrate in Ipm	Gesamtbeta-aktivität in Bq/kg	
						min max	Ø		min max	Ø	min max	Ø		min max	Ø	min max	Ø		min max	Ø
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	10,7	6,6 9,4	7,9	1,4	230 350	290 ± 7 %	7,4 7,5	7,5	1,4	260 275	270 ± 8 %	9,1 11,4	10	1,4	340 440	380 ± 6 %
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	12,2	7,0 8,4	7,9	1,4	250 310	290 ± 7 %	7,3 8,5	7,9	1,4	260 310	280 ± 7 %	8,0 10,3	9,3	1,4	290 390	350 ± 7 %
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	4,4	8,3 9,3	8,7	1,4	300 350	320 ± 7 %	7,0 8,3	7,6	1,4	250 300	270 ± 8 %	8,3 10,2	9,3	1,4	300 390	350 ± 7 %
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	6,9	6,3 8,1	7,2	1,4	220 300	260 ± 8 %	6,7 7,6	7,1	1,4	230 270	250 ± 8 %	7,5 9,1	8,5	1,4	270 340	310 ± 7 %
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	11,6	11,3 12,5	12	1,4	440 490	470 ± 5 %	10,1 11,7	11	1,4	380 450	420 ± 6 %	11,6 13,8	12	1,4	450 550	470 ± 5 %

Tritium

Tabelle 9

							Messgerät: Quantulus 1220 Messzeit: 3 x 30 min		
Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Siebfraktion	Feuchtigkeit in %	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm	spezfischeTritiumaktivität im Boden in Bq/kg
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	< 2 mm	10,7	0,65	0,5	< 3
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	< 2 mm	12,2	0,63	0,5	< 3
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	< 2 mm	4,4	0,54	0,5	< 3
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	< 2 mm	6,9	0,42	0,5	< 3
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	< 2 mm	11,6	0,71	0,5	< 3

Plutonium-241

Tabelle 10

							Messgerät: Quantulus 1220 Messzeit: 6 x 50 min 2,5 g		
Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Siebfraktion	Feuchtigkeit in %	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm	spezfische Pu-Aktivität im Boden in Bq/kg
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	< 2 mm	10,7	0,5	0,5	< 18
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	< 2 mm	12,2	0,5	0,5	< 18
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	< 2 mm	4,4	0,5	0,5	< 18
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	< 2 mm	6,9	0,5	0,5	< 18
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	< 2 mm	11,6	0,5	0,5	< 18

Alphaspektrometrie

Tabelle 11

Datum der Probenahme: 27.01.2001 Boden: Tiefe 10 – 20 cm; Siebfraktion < 2 mm			Spezifische Aktivität von Alphastrahlern bezogen auf Trockenmasse (TM)												
Interne Probenummer	Ort	Stelle	U-234 Bq/kg TM	standardisierte Messunsicherheit 1 Sigma in %	U-235 Bq/kg TM	standardisierte Messunsicherheit 1 Sigma in %	U-238 Bq/kg TM	standardisierte Messunsicherheit 1 Sigma in %	Pu-238 Bq/kg TM	Pu-239/40 Bq/kg TM	Am-241 Bq/kg TM	Am-243 Bq/kg TM	Cm-242 Bq/kg TM	Cm-244 Bq/kg TM	Feuchtmasse (FM) pro l kg/l
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	7,8	5	< 0,3		8	5	< 0,08	< 0,08	< 0,7	< 1,1	< 0,7	< 0,7	1,459
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	6,4	6	0,3	28	6	6	< 0,09	< 0,09	< 1,5	< 1,7	< 1,5	< 1,5	1,364
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	4,9	10	< 0,6		5	10	< 0,09	< 0,09	< 1,0	< 2,6	< 1	< 1	1,270
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	5,9	7	0,3	32	5	7	< 0,09	< 0,09	< 1,5	< 1,9	< 1,5	< 1,5	1,184
01#0102	Tespe	Kate 1.27	13	6	1,2	15	12	5	< 0,1	< 0,1	< 2,0	< 9	< 2	< 2	1,374

Gesamtalphazählrate der separierten Kügelchen

Tabelle 12

					Messgerät: Proportionalzähler Berthold LB 770, 6-cm-Schale			
					Kügelchen pro Stelle Messzeit: 2 x 10 min		Kügelchen gesamt Messzeit: 2 x 10 min	
Interne Probenummer	Ort	Stelle	Tiefe in cm	Datum der Probenahme	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm	Bruttorate in Ipm	Nullrate in Ipm
01#0098	Tespe	Fährhaus 1.1	10-20	27.01.01	0,1	0,1		
01#0099	Tespe	Tennisplatz 1.22	10-20	27.01.01	0,15	0,1		
01#0100	Tespe	Kriegerdenkmal 1.2	10-20	27.01.01	0,1	0,1		
01#0101	Tespe	Tespe Hafen 1.34	10-20	27.01.01	0,1	0,1		
01#0102	Tespe	Kate 1.27	10-20	27.01.01	0,1	0,1		
∑ 01#0098 bis 01#0102	Tespe		10-20	27.01.01			0,1	0,1